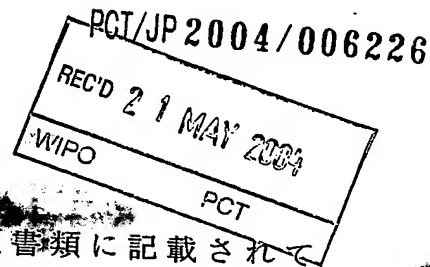


BEST AVAILABLE COPY

28. 4. 2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。  
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 8月29日

出願番号  
Application Number: 特願2003-209835  
[ST. 10/C]: [J.P. 2003-209835]

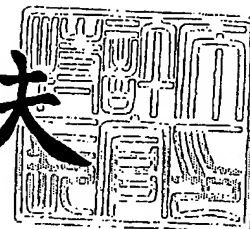
出願人  
Applicant(s): シャープ株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 3月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3023388

【書類名】 特許願  
【整理番号】 03J02932  
【提出日】 平成15年 8月29日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 B41J 2/135  
【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 出口 治彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 吉岡 智良

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 坂本 泰宏

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 河合 英嗣

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

【氏名】 垣脇 成光

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003-185637

【出願日】 平成15年 6月27日

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ノズルプレート及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液状物質を吐出する第 1 ノズル穴を有する第 1 ノズル層と、第 1 ノズル穴と連  
通し、上記液状物質の供給を受ける第 2 ノズル穴を有する第 2 ノズル層との間に  
、第 1 ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を介在させたノズルプ  
レートにおいて、

上記遮蔽層は、第 1 ノズル穴および第 2 ノズル穴が連通する連通部の周囲に、  
局所的に形成されていることを特徴とするノズルプレート。

【請求項 2】

上記遮蔽層は、第 2 ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、その外形は  
上記連通部における第 2 ノズル穴の外形より大きいことを特徴とする請求項 1 に  
記載のノズルプレート。

【請求項 3】

上記第 1 ノズル穴は、上記第 1 ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから  
構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のノズルプレート。

【請求項 4】

上記第 2 ノズル穴は、第 1 ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であるこ  
とを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

【請求項 5】

上記第 1 ノズル層および第 2 ノズル層がともに高分子有機材料で構成され、上  
記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも 1 つ  
から形成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のノ  
ズルプレート。

【請求項 6】

上記第 1 ノズル層および第 2 ノズル層がともにポリイミド樹脂で形成され、上  
記遮蔽層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、  
SiNから選定される少なくとも 1 つの材料を主成分とすることを特徴とする請

求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

【請求項 7】

第 1 ノズル層と第 2 ノズル層の少なくとも一方が Si、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって形成され、上記遮蔽層が、Al、Cu、Au、Pt、Al 酸化物、Al 窒化物のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

【請求項 8】

液状物質を吐出する一つ以上の第 1 ノズル穴を有するノズル層と、上記第 1 ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第 2 ノズル穴を有し、上記ノズル層に固着される補強板と、ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第 1 ノズル穴および第 2 ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層とを備えたことを特徴とするノズルプレート。

【請求項 9】

上記遮蔽層は第 2 ノズル穴の開口範囲内に形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載のノズルプレート。

【請求項 10】

上記第 1 ノズル穴は、上記第 1 ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のノズルプレート。

【請求項 11】

上記ノズル層が高分子有機材料によって形成され、上記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも 1 つによって形成され、上記補強板が Si、無機酸化物材料、高分子有機材料のうちの少なくとも 1 つによって形成されていることを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

【請求項 12】

上記ノズル層がポリイミド樹脂で構成され、上記遮蔽層が Ti、Al、Au、Pt、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiN から選定される少なくとも 1 つの材料で構成され、補強板が Si、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の少なくとも 1 つを主成分と

するセラミック材料あるいはポリイミド樹脂から構成されていることを特徴とする請求項 8 から 11 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

【請求項 13】

上記ノズル層が Si、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって構成され、上記遮蔽層が Al、Cu、Au、Pt、Al 酸化物、Al 窒化物のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料で構成され、上記補強板が、Si、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のうちの少なくとも 1 つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂によって形成されていることを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

【請求項 14】

液状物質を吐出する第 1 ノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって

上記第 1 ノズル穴を形成するためのノズル層を形成する工程と、

上記第 1 ノズル穴の一部となる開口部を有し、第 1 ノズル穴を形成する際のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、

上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部からノズル層をエッチングし、上記開口部からノズル層を貫通する第 1 ノズル穴を形成する工程とを含むことを特徴とするノズルプレートの製造方法。

【請求項 15】

上記の 3 つの工程に続いて、別途形成された第 2 ノズル穴を有する補強板を上記ノズル層に接合する工程を行うことを特徴とする請求項 14 に記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項 16】

液体を吐出するためのノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、第 1 ノズル穴を加工するための第 1 ノズル層を形成する第 1 工程と、

上記第 1 ノズル穴の一部となる開口部を有し、該第 1 ノズル穴のエッチング時のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する第 2 工程と、

上記第 1 ノズル層および遮蔽層の上に、第 2 ノズル穴を加工するための第 2 ノ

ズル層を形成する第3工程と、

上記第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第4工程と、

上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部から第1ノズル層をエッチングすることで該第1ノズル層を貫通する第1ノズル穴を加工する第5工程とを含むことを特徴とするノズルプレートの製造方法。

【請求項17】

上記第4工程と第5工程とを連続して行うことを特徴とする請求項16に記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項18】

液状物質を吐出するための第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受けるための第2ノズル穴を有する第2ノズル層とを備えたノズルプレートにおいて、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性の高い吐出層が、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成されており、上記第1ノズル穴は、第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴とするノズルプレート。

【請求項19】

上記吐出層は、第1ノズル層内に形成されていることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

【請求項20】

上記吐出層の主成分が無機材料であることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

【請求項21】

第1ノズル穴における第1ノズル層の貫通部を第1ノズル穴部としたとき、上記吐出層の外形は、吐出層と第1ノズル層との境界面における第1ノズル穴部の外形より大きいことを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

【請求項22】

上記吐出層は開口部の周囲に、局所的に形成されていることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

**【請求項 23】**

上記第1ノズル層と第2ノズル層との間に第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層が局所的に介在し、上記第1ノズル穴は遮蔽層を貫通して第2ノズル穴に連通していることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

**【請求項 24】**

上記遮蔽層は、第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、上記遮蔽層の外形は、第1ノズル穴と第2ノズル穴との連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことを特徴とする請求項23に記載のノズルプレート。

**【請求項 25】**

上記第1ノズル層は第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いことを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

**【請求項 26】**

第1ノズル層の貫通部である第1ノズル穴部は、上記開口部との連通部が狭まったテーパ形状であることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

**【請求項 27】**

上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

**【請求項 28】**

少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されていることを特徴とする請求項18に記載のノズルプレート。

**【請求項 29】**

液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記第1ノズル層に固着される補強板と、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層と、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成された吐出層とを備え、上記第1ノズル穴は第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴

とするノズルプレート。

【請求項 30】

上記吐出層が Al、Pt、Au、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって構成され、上記第 1 ノズル層がシリコン化合物から構成され、上記第 2 ノズル層が有機樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 18 に記載のノズルプレート。

【請求項 31】

上記吐出層がシリコン化合物から構成され、上記第 1 ノズル層が Al を主成分とする金属材料で形成され、上記第 2 ノズル層が有機樹脂で構成されることを特徴とする請求項 18 に記載のノズルプレート。

【請求項 32】

上記第 1 ノズル層が有機樹脂で形成され、上記吐出層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN から選定される少なくとも 1 つの材料を主成分とすることを特徴とする請求項 23 に記載のノズルプレート。

【請求項 33】

上記第 1 ノズル層が Si、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって形成され、上記吐出層が、Al、Ni、Fe、Co、Cu、Au、Pt、Al 酸化物、Al 窒化物のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求項 23 に記載のノズルプレート。

【請求項 34】

液状物質を吐出するための、第 1 開口部および第 1 ノズル穴部を有する第 1 ノズル穴と、該第 1 ノズル穴を有する第 1 ノズル層とを備えたノズルプレートの製造方法であって、

上記第 1 開口部を有し、第 1 ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い吐出層を形成する吐出層形成工程と、

上記第 1 開口部を埋めるとともに吐出層を覆うような第 1 ノズル層を形成する第 1 ノズル層形成工程と、

上記第1開口部の形成位置に対応して、上記第1ノズル層に上記第1ノズル穴部を形成する第1ノズル穴部形成工程と、

上記第1ノズル穴部から第1ノズル層をエッチングし、上記第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程とを含むことを特徴とするノズルプレートの製造方法。

【請求項35】

上記第1除去工程の後に、

第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が低い第2ノズル層を、上記第1開口部および第1ノズル穴部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように形成する第2ノズル層形成工程と、

該第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、  
を含むことを特徴とする請求項34のノズルプレートの製造方法。

【請求項36】

上記第1ノズル層形成工程と第1ノズル穴部形成工程との間に、

第2開口部を有し、第1および第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を、形成された第1ノズル層上に、上記第1開口部に対応して局所的に形成する遮蔽層形成工程と、

上記第2開口部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように第2ノズル層を形成し、しかる後に第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、  
含むこと特徴とする請求項34のノズルプレートの製造方法。

【請求項37】

上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部内の第2ノズル層を除去する第2除去工程と、上記第1開口部内の第2ノズル層を除去する第3除去工程とを行うことを特徴とする請求項35に記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項38】

上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部形成工程および第

1 除去工程を行うことを特徴とする請求項 36 に記載のノズルプレートの製造方法。

【請求項 39】

上記一連の工程の後に、少なくとも、上記吐出層表面に、上記吐出層よりエッチングに対する耐性の低い撥液膜を形成する工程と、上記第 1 開口部の反対側からエッチングを行い、第 1 ノズル穴内の撥液膜を除去する工程とを含むことを特徴とする請求項 34 に記載のノズルプレートの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は微小ドットによる微細パターンを形成する、微小ドット形成装置に用いるノズルプレートの構造とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来においては、インクジェットプリンターは専ら紙を媒体とし、文字通りプリンターとして利用されてきた。ところが、近年インクジェットプリンター技術の汎用性および低コスト性に着目し、従来フォトリソグラフィ技術で加工されていた、液晶表示装置用のカラーフィルタ等の微細パターンの形成や、プリント配線板の導体パターンの形成などへのインクジェットプリンターの応用が注目されている。そこで、近年、微小なインクドットを描画対象（例えば、液晶表示用のカラーフィルタやプリント配線板等）に直接描画することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微小ドット形成装置の開発が活発となっている。

【0003】

このような微小ドット形成装置においては、吐出安定性や高度の着弾精度など高い吐出特性をもつノズルプレートが必要となる。

【0004】

以下に従来のノズルプレートの構成と製造方法を説明する。特許文献 1 にはドライエッチングと湿式エッチングによってノズルプレートを形成する技術が開示

されている。図19 (a) (b) は上記特許文献1に記載のノズルプレート (以下、従来の構成と称する) の説明図である。

#### 【0005】

従来のノズルプレートは、SOI (Silicon on Insulator) 基板21からなる。SOI基板21は、図19 (a) (b) に示すように、支持体であるSi層25上の全域にわたってエッチングストップ層であるSiO<sub>2</sub>層26を有し、さらにこのSiO<sub>2</sub>層26上に活性層であるSi層24を有する。そして、Si層24にはオリフィス22が形成され、Si層25にはテーパ部23が形成されており、このオリフィス22およびテーパ部23が連通されている。

#### 【0006】

従来のノズルプレート製造方法 (以下、従来の方法と称する) は以下の通りである。まず、活性層であるSi層24の表面を酸化し、酸化膜 (図示せず) を形成する。そして、この酸化膜28に所定のパターンを形成し、このパターンをマスクとしてドライエッチングを行い、エッチングストップ層であるSiO<sub>2</sub>層26でエッチングをとめ、オリフィス22を形成する。次に、支持層であるSi層25の表面を酸化し、酸化膜 (図示せず) を形成する。この酸化膜に所定のパターンを形成し、このパターンをマスクとして、アンダーカットを生じる条件でドライエッチングを行い、SiO<sub>2</sub>層26でエッチングをとめ、テーパ部23を形成する。最後に、オリフィス22とテーパ部23との間のSiO<sub>2</sub>層26や表面の酸化膜をフッ酸系のエッチング液で除去する。

#### 【0007】

#### 【特許文献1】

特開平9-216368号公報 (公開日: 1997年8月19日)

#### 【0008】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の構成には以下のような問題がある。

#### 【0009】

- ①エッチングストップ層であるSiO<sub>2</sub>層26がSi層24・Si層25間の

全域にわたって形成されているため、SiとSiO<sub>2</sub>の線膨張率の差に起因する応力によってノズルプレートに大きな反りが発生するおそれがある。このノズルプレートの反りは、ノズルプレートとインクジェットヘッドとの接合精度の低下のみならずノズルプレート自体の構造的信頼性の低下という問題を招来する。

#### 【0010】

②また、従来のノズルプレートにおいて、上記したようなSiとSiO<sub>2</sub>の線膨張率の差に起因するノズルプレートの反りを回避するためには、Si層24およびSi層25に十分な剛性が必要となる。したがって、オリフィス22が形成されるSi層24およびテーパ部3が形成されるSi層25の層厚が大きくならざるを得ない（Si層24が15 μm、Si層25が100 μm）。

#### 【0011】

これにより、オリフィス22やテーパ部23形成時のSiのエッチング量が多くなり、エッチング時の誤差が大きくなる。すなわち、液滴の流路となるノズル（オリフィス22およびテーパ部23）の形成精度が低くなる。この点、特許文献1には、上記ノズルの加工精度が寸法設計値に対して±1ミクロン以内である、との記載があるが、微細ドット形成装置に適用するには加工精度が低い。

#### 【0012】

本発明は、上記問題に鑑みなされたものであり、その目的は、高い形成精度の第1ノズル穴を備え、かつ、反り等の変形のおそれの少ないノズルプレートおよびその製造方法を提供することにある。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有する第2ノズル層との間に、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を介在させたノズルプレートにおいて、上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴が連通する連通部の周囲に、局所的に形成されていることを特徴としている。

#### 【0014】

まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものである。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

【0015】

また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴が連通する連通部の周囲に形成されており、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

【0016】

上記構成によれば、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、第1ノズル層と遮蔽層あるいは第2ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1ノズル層および第2ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

【0017】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1ノズル層および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1ノズル層および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

【0018】

また、上記のように第1ノズル層および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1ノズル穴および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

【0019】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記遮蔽層の外形は、上記連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことが望ましい。

## 【0020】

ここで、上記遮蔽層の外形が上記連通部における第2ノズル穴の外形と一致する状態が、局所的に形成した遮蔽層の外形の最小限度である。なぜなら、遮蔽層の外形が、形成しようとする第2ノズル穴の連通部における外形より小さいと、第2ノズル穴のエッチングは、遮蔽層の周囲において第1ノズル層へと進行してしまうからである。

## 【0021】

したがって、上記構成のように、遮蔽層の外形をこの最小限の外形（上記連通部における第2ノズル穴の外形）より大きくすることによって、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。

## 【0022】

また、これにより、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれることになり、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

## 【0023】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、第1ノズル穴は、上記第1ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることが望ましい。

## 【0024】

上記構成によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部を第1ノズル層に形成することができる。これにより、形状精度の高い第1ノズル穴を備えることができる。

## 【0025】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることが望ましい。

## 【0026】

上記構成によれば、第2ノズル穴がテーパ形状であるため、第2ノズル穴において、供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めるこ

とができる。

#### 【0027】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記第1ノズル層および第2ノズル層がともに高分子有機材料で構成され、上記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも1つから形成されていることが望ましい。

#### 【0028】

上記構成によれば、第1ノズル層および第2ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

#### 【0029】

また、第2ノズル層に形成される第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することもないので、第1ノズル層の厚さを一定に保つことができ、吐出すべき液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

#### 【0030】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記第1ノズル層および第2ノズル層がともにポリイミド樹脂で形成され、上記遮蔽層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiNから選定される少なくとも1つの材料を主成分とすることが望ましい。

#### 【0031】

上記構成によれば、第1ノズル層および第2ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

#### 【0032】

また、第2ノズル層に形成される第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することもない

ので、第1ノズル層の厚さを一定に保つことができ、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

#### 【0033】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、第1ノズル層と第2ノズル層の少なくとも一方がSi、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成され、上記遮蔽層が、Al、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成されていることが望ましい。

#### 【0034】

上記構成によれば、第1ノズル層および第2ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

#### 【0035】

また、第2ノズル層に形成される第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することもないので、第1ノズル層の厚さを一定に保つことができ、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

#### 【0036】

また、第1ノズル層がSiO<sub>2</sub>またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>で形成されている場合には、例えば、液状物質の吐出面に撥液膜を形成する場合に、該撥液膜の付着力が向上し、はがれや欠けを防止することができる。

#### 【0037】

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する一つ以上の第1ノズル穴を有するノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記ノズル層に固着される補強板と、ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層とを備えたことを特徴としている。

## 【0038】

まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものである。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

## 【0039】

また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成されており、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

## 【0040】

上記構成によれば、ノズル層に固着される構成の上記補強板を別工程で作成することができるため、補強板に使用する材料を選択する際の自由度が大幅に向上する。これによって高剛性の補強板を使用することができ、ノズルプレートに反りが発生することを防止することができる。

## 【0041】

加えて、遮蔽層を、補強板に形成された第2ノズル穴の形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工することができる。これにより、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくすることができる。

## 【0042】

したがって、ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

## 【0043】

以上により、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができるとともに、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、その接合精度を上げることができる。

## 【0044】

さらに、補強板の剛性によってノズル層に必要な剛性が低減するため、該ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴を層厚の小さなノズル層に形成することで、吐出液滴の大きさを制御する上記第1ノズル穴の形

成精度を高めることができる。

【0045】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加えて、上記遮蔽層は第2ノズル穴の開口範囲内に形成されていることが望ましい。

【0046】

上記構成によれば、上記遮蔽層が第2ノズル穴の開口範囲内に収まるため、遮蔽層の周囲に発生する上記応力を最小限に抑えることが可能となるとともに、遮蔽層をノズル層と補強板との間に挟み込まない構成となるので、ノズル層と補強板との接着精度を高めることができる。

【0047】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加えて、上記第1ノズル穴は、上記第1ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることが望ましい。

【0048】

上記構成によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部をノズル層に形成することができる。これにより、一層形状精度の高い第1ノズル穴を備えることができる。

【0049】

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記ノズル層が高分子有機材料によって形成され、上記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも1つによって形成され、上記補強板がSi、無機酸化物材料、高分子有機材料のうちの少なくとも1つによって形成されていることが望ましい。

【0050】

上記構成によれば、ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記ノズル層がポリイミド

樹脂で構成され、上記遮蔽層がTi、Al、Au、Pt、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiNから選定される少なくとも1つの材料で構成され、補強板がSi、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも1つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂から構成されていることが望ましい。

#### 【0051】

上記構成によれば、ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記ノズル層がSi、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記遮蔽層がAl、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料で構成され、上記補強板が、Si、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂によって形成されていることが望ましい。

#### 【0052】

上記構成によれば、ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

#### 【0053】

また、ノズル層がSiO<sub>2</sub>またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>で形成されている場合には、例えば、液状物質の吐出面に撥液膜を形成する場合に、該撥液膜の付着力が向上し、はがれや欠けを防止することができる。

#### 【0054】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、上記第1ノズル穴を形成するためのノズル層を形成する工程と、上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、第1ノズル穴を形成する際のエッチングマスクとな

る遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部からノズル層をエッチングし、上記開口部からノズル層を貫通する第1ノズル穴を形成する工程とを含むことを特徴としている。

【0055】

上記方法によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の開口部の口径と同一口径の第1ノズル穴をノズル層に形成することができる。これにより、第1ノズル穴を高精度に形成することができる。

【0056】

また、遮蔽層の材料に、第1ノズル穴のエッチングマスクとして、あるいは、第1ノズル穴の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴をより高精度に形成できる。

【0057】

また、上記遮蔽層を局所的に形成するため、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

【0058】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、ノズル層に要求される剛性が減少し、ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、第1ノズル穴を高い精度で形成することができる。

【0059】

また、上記のようにノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

【0060】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記方法に加え、上記の3つの

工程に続いて、別途形成された第2ノズル穴を有する補強板を、上記ノズル層上に設けられた遮蔽層が上記第2ノズル穴の内部に位置するように上記ノズル層に接合する工程を行うことが望ましい。

#### 【0061】

上記方法によれば、上記遮蔽層は、第1ノズル穴形成時のエッチングマスクとなる大きさでさえあれば、第2ノズル穴の内部に位置するような小さな形状に形成することができる。これに加え、上記遮蔽層は第2ノズル穴の開口範囲内に位置するため、遮蔽層と補強板とは接触しない。これにより、ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

#### 【0062】

また、補強板をノズル層とは別に形成することで、製造工程の簡略化や製造コストの低減化が可能となる。

#### 【0063】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液体を吐出するためのノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、第1ノズル穴を加工するための第1ノズル層を形成する第1工程と、上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、該第1ノズル穴のエッチング時の遮蔽層となるエッチングマスクを、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、上記第1ノズル層および遮蔽層の上に、第2ノズル穴を加工するための第2ノズル層を形成する第3工程と、上記第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第4工程と、上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部から第1ノズル層をエッチングすることで該第1ノズル層を貫通する第1ノズル穴を加工する第5工程とを含むことを特徴としている。

#### 【0064】

上記方法によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の開口部の口径と同一口径の第1ノズル穴を第1ノズル層に形成することができる。これにより、第1ノズル穴を高精度に形成することができる。

## 【0065】

また、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。すなわち、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがない。これにより、第1ノズル層の厚さが一定に保たれることになり、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

## 【0066】

また、遮蔽層の材料に、第1ノズル穴のエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第1ノズル穴の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴をより高精度に形成することができる。

## 【0067】

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、遮蔽層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

## 【0068】


また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記方法に加えて、上記第4工程と第5工程とを連続して行うことが望ましい。

## 【0069】

上記方法によれば、第4工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第5工程のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出するための第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受けるための第2ノズル穴を有する第2ノズル層とを備えたノズルプレートにおいて、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性の高い吐出層が、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成されており、上記第1ノズル穴は、第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通してい



ることを特徴としている。

**【0070】**

まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものであり、その第1ノズル穴に連通した開口部は、液状物質の吐出方向や吐出量の制御に大きく寄与する吐出特性寄与部分である。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

**【0071】**

上記構成によれば、第1ノズル層よりエッチング耐性の高い吐出層に、上記開口部としての吐出特性寄与部分が形成されている。

**【0072】**

したがって、第1ノズル穴を形成するために第1ノズル層をエッチングする場合に、吐出層は、そのエッチングに対する耐性が高いので、吐出層の開口部の形状が変形する等のおそれを小さくすることができる。

**【0073】**

例えば、予め形成された吐出層の開口部を一旦第1ノズル層の構成材料で埋め、しかる後に第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成し、上記開口部を開口させて吐出特性寄与部分とする場合であっても、吐出層のエッチング耐性が第1ノズル層より高いために、吐出層が露出した時点で第1ノズル層のエッチングが確実にストップする。

**【0074】**

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された開口部と同一形状となる。

**【0075】**

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

**【0076】**

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

## 【0077】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層は、第1ノズル層内に形成されていることが好ましい。

## 【0078】

上記構成によれば、上記吐出層の厚みは、第1ノズル層の厚みより小さくなる。吐出層が薄い程、開口部を形成するためのエッチング量を小さくできるので、上記開口部の形成精度を高くすることができる。

## 【0079】

したがって、上記のように、第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を予め形成された開口部と同一形状に形成した場合、上記吐出特性寄与部分の形成精度は一層高まることになる。

## 【0080】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量がさらに安定し、解像度の一層高い描画が可能となる。

## 【0081】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層の主成分が無機材料であることが好ましい。

## 【0082】

上記構成によれば、上記吐出層が無機材料で構成されているため、上記吐出層上に例えば撥液膜を形成した場合にも、上記吐出層に形成された開口部の形状を維持することができる。

## 【0083】

すなわち、撥液膜の形成時に際して吐出層上に撥液材料を塗布した場合に、たとえ該撥液材料が上記開口部内に回りこんだとしても、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチング法等で簡便に除去でき、また該ドライエッチングによって上記開口部が損傷を受けることもなく、その形状が変化することがないからである。

## 【0084】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量がさらに安定し、解像度の一層高い

描画が可能となる。

【0085】

また、本発明のノズルプレートにおいては、第1ノズル穴における第1ノズル層の貫通部を第1ノズル穴部としたとき、上記吐出層の外形は、吐出層と第1ノズル層との境界面における第1ノズル穴部の外形より大きいことが望ましい。

【0086】

上記構成によれば、吐出層は、第1ノズル層のエッチングにおけるストッパ層として機能する。すなわち、第1ノズル穴を形成するため第2ノズル層側から第1ノズル層をエッチングした場合、該エッチングは吐出層にていわば自動的にストップし、第1ノズル穴部が形成される。

【0087】

これにより、第1ノズル層のオーバーエッチを防止でき、所定の形状の第1ノズル穴部を容易に形成することができる。

【0088】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層は上記開口部の周囲に、局所的に形成されていることが好ましい。

【0089】

上記構成によれば、吐出層と第1ノズル層との接触面積を小さくすることができる。これにより、吐出層と第1ノズル層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

【0090】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1および第2ノズル穴を備えることができる。

## 【0091】

また、上記のように第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

## 【0092】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層と第2ノズル層との間に第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層が局所的に介在し、上記第1ノズル穴は遮蔽層を貫通して第2ノズル穴に連通していることが好ましい。

## 【0093】

上記構成によれば、上記遮蔽層は、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

## 【0094】

これにより、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部を第1ノズル層に形成することができる。これにより、形状精度の高い第1ノズル穴を備えることができる。

## 【0095】

また、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、第1ノズル層と遮蔽層あるいは第2ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1および第2ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

## 【0096】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチン

グ量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1および第2ノズル穴を備えることができる。

【0097】

また、上記のように第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

【0098】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記遮蔽層は、第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、上記遮蔽層の外形は、第1ノズル穴と第2ノズル穴との連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことが好ましい。

【0099】

上記構成のように、遮蔽層のエッチング耐性を第2ノズル層より高くし、遮蔽層の外形を第1および第2ノズル穴の連通部における第2ノズル穴の外形より大きくすることによって、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。また、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれる。

【0100】

換言すれば、遮蔽層によって第2ノズル穴加工の終点を、遮蔽層の表面に精度良く設定することができるので、第1ノズル層が第2ノズル穴加工時のオーバーエッチによって損傷を受けることがなく、このため第1ノズル穴の長さを第1ノズル層の層厚で制御することができる。これによって流路抵抗が安定し、液滴の吐出安定性が安定し、着弾精度と解像度が向上する。

【0101】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層は第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いことが好ましい。

【0102】

上記構成によれば、第1ノズル層自体を、第2ノズル穴のエッチング時のスト

ツパとして機能させることができ、第2ノズル穴のエッチングを第1ノズル層で止めることができる。

#### 【0103】

このように、遮蔽層を設けることなく、第2ノズル穴のエッチングを第1ノズル層で止めることができるため、上記した第1および第2ノズル層と遮蔽層との間の応力が発生せず、ノズルプレートに反りが発生することを一層効果的に防止できる。

#### 【0104】

また、本発明のノズルプレートにおいては、第1ノズル層の貫通部である第1ノズル穴部は、上記開口部との連通部が狭まったテーパ形状であることが好ましい。

#### 【0105】

上記構成によれば、第1ノズル穴部がテーパ形状であるため、該第1ノズル穴部に供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

#### 【0106】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることが好ましい。

#### 【0107】

上記構成によれば、第2ノズル穴がテーパ形状であるため、第2ノズル穴において、供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

#### 【0108】

また、本発明のノズルプレートにおいては、少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されていることが好ましい。

#### 【0109】

上記構成によれば、少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されているため、開口部に形成される液状物質のメニスカス形状が安定し、これに伴い液状物質の吐出方向が安定する。すなわち、着弾精度が向上し描画解

像度が向上する。

#### 【0110】

ただし、上記撥液膜を形成する際、該撥液膜が開口部の内部（内壁）に回りこまないように形成することが望ましく、例えばドライエッチング等によって上記開口部内に回り込んだ撥液膜を除去しても良い。

#### 【0111】

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記第1ノズル層に固着される補強板と、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層と、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成された吐出層とを備え、上記第1ノズル穴は第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴としている。

#### 【0112】

上記構成によれば、第1ノズル層よりエッチング耐性の高い吐出層に、上記開口部としての吐出特性寄与部分が形成されている。

#### 【0113】

したがって、第1ノズル穴を形成するために第1ノズル層をエッチングする場合に、吐出層は、そのエッチングに対する耐性が高いので、吐出層の開口部の形状が変形する等のおそれを小さくすることができる。

#### 【0114】

例えば、予め形成された吐出層の開口部を一旦第1ノズル層の構成材料で埋め、しかる後に第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成し、上記開口部を開口させて吐出特性寄与部分とする場合であっても、吐出層のエッチング耐性が第1ノズル層より高いために、吐出層が露出した時点で第1ノズル層のエッチングが確実にストップする。

#### 【0115】

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された開口部と同一形状となる。

## 【0116】

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

## 【0117】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

## 【0118】

また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなり、精度の高い第1ノズル穴を形成することができる。

## 【0119】

さらに、上記遮蔽層を、補強板に形成された第2ノズル穴の形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工することができる。これにより、第1ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくすることができる。

## 【0120】

また、第1ノズル層に固着される構成の上記補強板を別工程で作成することができるため、補強板に使用する材料を選択する際の自由度が大幅に向上する。これによって高剛性の補強板を使用することができ、ノズルプレートに反りが発生することを防止することができる。

## 【0121】

したがって、第1ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

## 【0122】

さらに、補強板の剛性によって第1ノズル層に必要な剛性が低減するため、第1ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴を層厚の小さな第1ノズル層に形成することで、第1ノズル穴の形成精度をより高めることができる。

## 【0123】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層がAl、Pt、Au、 $Al_2O_3$ 、AlNのうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記第1ノズル層がシリコン化合物から構成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されていることが好ましい。

## 【0124】

上記構成によれば、前記吐出層を構成する材料は、第1ノズル層を構成するシリコン化合物のエッチング（例えば、フッ素を含有するプラズマを用いたドライエッチング）、あるいは第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。

## 【0125】

したがって、第1および第2ノズル穴加工の際に吐出層が損傷を受けることがない。すなわち、ノズル（第1および第2ノズル穴）作成プロセスにおいて開口部が変形することがなく、非常に高い加工精度で加工された開口部を有するノズルプレートを構成することができる。これにより、着弾精度が向上し、描画解像度が向上する。

## 【0126】

さらに、第1ノズル層を構成するシリコン化合物は、第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有しているため、第2ノズル穴加工の際にオーバーエッチによって、第1ノズル層が大きな損傷を受けることがない。

## 【0127】

このため、第1ノズル層の層厚が減少することで第1ノズル穴の長さ（深さ）ひいては流路抵抗が変化することを抑制でき、これによって液滴の吐出安定性の劣化を抑制することができる。

## 【0128】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層がシリコン化合物から構成され、上記第1ノズル層がAlを主成分とする金属材料で構成され、上記第

2ノズル層が有機樹脂で構成されることが好ましい。

#### 【0129】

上記構成によれば、上記吐出層を構成する材料が、第1ノズル層を構成するA1を主成分とする金属材料のエッチング（例えば塩素を含有するプラズマを用いたドライエッチング）、あるいは第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば酸素を含むプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。

#### 【0130】

したがって、第1および第2ノズル穴加工の際に開口部が損傷を受けることがない。すなわち、ノズル（第1および第2ノズル穴）作成プロセスにおいて開口部が変形することがなく、非常に高い加工精度で加工された開口部を有するノズルプレートを構成することができる。これによって、着弾精度が向上し、描画解像度が向上する。

#### 【0131】

さらに、第1ノズル層を構成するA1を主成分とする金属材料は、第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。したがって、第2ノズル穴加工の際にオーバーエッチによって、第1ノズル層が大きな損傷を受けることがない。

#### 【0132】

このため、第1ノズル層の層厚が減少することで第1ノズル穴の長さ（深さ）が変化しひいては流路抵抗が変化することを抑制でき、これにより、液滴の吐出安定性の劣化を抑制することができる。

#### 【0133】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層が有機樹脂で形成され、上記吐出層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlNから選定される少なくとも1つの材料を主成分とすることが好ましい。

#### 【0134】

上記構成によれば、第1ノズル層を酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、吐出層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の開口部を備えることができる。

#### 【0135】

また、上記構成において、遮蔽層についても吐出層と同様の材料を使用することができる。この場合、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、上記遮蔽層を第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとして用いることができるので、レジストによるパターンニングに比べ第1ノズル穴の加工精度を向上させることができる。

#### 【0136】

さらに、第2ノズル層を第1ノズル層と同様に有機樹脂で構成した場合、上記遮蔽層は、第2ノズル穴を加工する際の酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、したがって、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。

#### 【0137】

これによって、第1ノズル穴の長さ（深さ）が安定し、ひいては流路抵抗が安定するため液滴の吐出安定性が向上する。この結果、着弾精度が向上し、高解像度描画が可能になる。

#### 【0138】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層がSi、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成され、上記吐出層が、Al、Ni、Fe、Co、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成されていることが望ましい。

#### 【0139】

上記構成によれば、第1ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、吐出層は上記フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされ

ない。これにより、より一層高い形成精度の開口部を備えることができる。

#### 【0140】

また、上記構成において、遮蔽層についても吐出層と同様の材料を使用することができる。この場合、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、上記遮蔽層を第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとして用いることができるので、レジストによるパターンニングに比べ第1ノズル穴の加工精度を向上させることができる。

#### 【0141】

さらに、第2ノズル層を第1ノズル層と同様にSiまたはSi化合物で構成した場合、上記遮蔽層は第2ノズル穴を加工するフッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対するエッチング耐性が高いので、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。

#### 【0142】

また、第2ノズル層を有機樹脂で構成した場合でも、上記遮蔽層は第2ノズル穴を加工する酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対するエッチング耐性が高いので、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。これによって、第1ノズル穴の長さが安定し、流路抵抗が安定するので、吐出安定性が向上する。これによって着弾精度が向上し、高解像度描画が可能になる。

#### 【0143】

すなわち、上記構成では第2ノズル層に有機樹脂またはSiあるいはSi化合物のいずれをも使用することができ、材料選択の範囲が広がり、ノズルプレートの製造が容易となる。

#### 【0144】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液状物質を吐出するための、第1開口部および第1ノズル穴部を有する第1ノズル穴と、該第1ノズル穴を有する第1ノズル層とを備えたノズルプレートの製造方法であって、上記第1開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い吐出層を形成する吐出層形成工程と、上記第1開口部を埋めるとともに吐

出層を覆うような第1ノズル層を形成する第1ノズル層形成工程と、上記第1開口部の形成位置に対応して、上記第1ノズル層に上記第1ノズル穴部を形成する第1ノズル穴部形成工程と、上記第1ノズル穴部から第1ノズル層をエッチングし、上記第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程とを含むものである。

#### 【0145】

まず、上記第1開口部は、液状物質の吐出方向や吐出量の制御に大きく寄与する吐出特性寄与部分である。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

#### 【0146】

上記方法によれば、上記吐出層が第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いため、第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程において、第1ノズル層がエッチングされ、吐出層が露出した時点で当該エッチングは確実にストップする。

#### 【0147】

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された第1開口部と同一形状となる。

#### 【0148】

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

#### 【0149】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

#### 【0150】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第1除去工程の後に、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が低い第2ノズル層を、上記第1開口部および第1ノズル穴部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように形成する第2ノズル層形成工程と、該第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノ

ズル層を貫通する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、を含むことが望ましい。

【0151】

上記方法によれば、第1ノズル層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、遮蔽層等のエッチングストッパを形成することなく、第2ノズル穴形成時の第2ノズル層のエッチングを第1ノズル層にて止めることができる。

【0152】

したがって、上記遮蔽層等のエッチングストッパと第1および第2ノズル層との線膨張率の差に起因する応力が発生することがない。

【0153】

この結果、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止でき、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

【0154】

さらに、上記のような応力の発生を回避できることで、第1ノズル層に要求される剛性が減少し、第1ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴部のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、第1ノズル穴部を高い精度で形成することができる。

【0155】

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、吐出層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

【0156】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第1ノズル層形成工程と第1ノズル穴部形成工程との間に、第2開口部を有し、第1および第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を、形成された第1ノズル層上に、上記第1開口部に対応して局所的に形成する遮蔽層形成工程と、上記第2開口部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように第2ノズル層を形成し、しかる

後に第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、を含むことが好ましい。

#### 【0157】

上記方法によれば、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。また、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれる。

#### 【0158】

換言すれば、遮蔽層によって第2ノズル穴加工の終点を、遮蔽層の表面に精度良く設定することができるので、第1ノズル層が第2ノズル穴加工時のオーバーエッチによって損傷を受けることがなく、このため第1ノズル穴の長さを第1ノズル層の層厚で制御することができる。これによって流路抵抗が安定し、液状物質の吐出安定性が安定し、着弾精度と解像度が向上する。

#### 【0159】

また、上記遮蔽層を局所的に形成するため、第1ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

#### 【0160】

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、遮蔽層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

#### 【0161】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部内の第2ノズル層を除去する第2除去工程と、上記第1開口部内の第2ノズル層を除去する第3除去工程とを行うことが好ましい。

## 【0162】

上記方法によれば、第2ノズル穴の加工工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第1ノズル穴のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

## 【0163】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部形成工程および第1除去工程を行うことが好ましい。

## 【0164】

上記方法によれば、第2ノズル穴の加工工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第1ノズル穴のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

## 【0165】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、少なくとも、上記吐出層表面に、上記吐出層よりエッチングに対する耐性の低い撥液膜を形成する工程と、上記第1開口部の反対側からエッチングを行い、第1ノズル穴内の撥液膜を除去する工程とを含むことが好ましい。

## 【0166】

上記方法は、吐出層の表面から第1開口部の内部（内壁）に回り込んだ撥液膜を、第1開口部の反対側からエッチングすることで除去するものである。

## 【0167】

ここで、上記吐出層は上記撥液膜のエッチングに対して高いエッチング耐性を有しているため、第1開口部内に回り込んだ撥液膜を除去するエッチング過程において、第1開口部が変形することがない。

## 【0168】

これにより、上記回り込んだ撥液膜を除去するエッチングを行う余裕度が大きくなり、十分なエッチングによって、上記回り込んだ撥液膜をほぼ完全に除去す

ることができる。

#### 【0169】

この結果、第1開口部の内部における撥液膜の残留を回避できるため、第1開口部表面の吐出液との濡れ性の安定化ひいては吐出液滴の着弾精度を向上させることができ、したがって、描画解像度の高いノズルプレートを安定して製造することができる。

#### 【0170】

##### 【発明の実施の形態】

##### 〔実施の形態1〕

本発明の実施の形態1について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

#### 【0171】

(ノズルプレート)

図1(a)は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図1(b)は、図1(a)のA-A'矢視断面図である。ノズルプレートには1個以上の液体(液状物質)吐出口9が形成されており、図1(a)においては2個の液体吐出口9が示されている。

#### 【0172】

図1(a)(b)に示すように、ノズルプレート8は、第1ノズル層1、第2ノズル層2、ストッパ層3(遮蔽層)、撥液膜4、ノズル穴11を備えている。第1ノズル層1の液体吐出面側には撥液膜4が形成され、その反対側には第2ノズル層2が形成されている。ストッパ層3は、第2ノズル層2内にて、第1ノズル層1と第2ノズル層2との界面に位置し、第1ノズル層1に接するとともに、上記液体吐出口9を開口部とする第1ノズル穴11aの形成位置に局所的に形成されている。すなわち、第1ノズル穴11aは、撥液膜4、第1ノズル層1を貫通し、さらに局所的に形成されたストッパ層3の中心部を貫通している。

#### 【0173】

また、第2ノズル穴11bは、上記第1ノズル穴11aとともにノズル穴11を構成し、円筒形状の第1ノズル穴11aとの連通部から裾広がりに拡開するテ

ーバ形状（円錐台形状）であり、第2ノズル層2を通過して、撥液膜4の反対側の面2bにて開口している。

#### 【0174】

なお、円錐台形状の第2ノズル穴11bの上底11yは、第1ノズル穴11aを中心とする円環形状であり、ストッパ層3が当該上底11yを成して露出している。したがって、第1ノズル穴11aと第2ノズル穴11bの連通部11x（略円形）の口径は、第2ノズル穴11bの上底11yの外口径（上記連通部11xにおける第2ノズル穴11bの外形）より小さい。ここで、すでに説明したとおり、第1ノズル穴11aの略円形の開口部が液体吐出口9となっている。また、第2ノズル穴11bの略円形の開口部が液体供給口12となっている。

#### 【0175】

以下、各部のサイズや材質の具体例を説明するが、本発明がその具体例に限定されるものではない。

#### 【0176】

第1ノズル層1には厚さが約 $1\mu\text{m}$ のポリイミド膜が用いられ、第2ノズル層2には厚さが約 $20\mu\text{m}$ のポリイミド膜が用いられている。

#### 【0177】

ストッパ層3はTiを主成分とする金属材料からなりノズルプレート8全体の応力による反りを低減するため、1辺約 $20\mu\text{m}$ の略正方形形状となっている。

#### 【0178】

第1ノズル穴11aの開口部（液体吐出口9）の口径は約 $3\mu\text{m}$ である。また、第2ノズル穴11bの上底11yの外口径は $10\mu\text{m}$ であり、開口部（液体流入口12）の口径は $30\mu\text{m}$ である。

#### 【0179】

また、第1ノズル層1上の撥液膜4は、フッ素重合もしくはシリコン系の高分子膜により形成されている。

#### 【0180】

本実施の形態によれば、上記ストッパ層3はノズル穴11の形成位置ごとに局所的に設けられているため、従来のように第1ノズル層と第2ノズル層との界面

の全体にわたってストッパ層を形成する構成と比較して、第1ノズル層1および第2ノズル層2とストッパ層3との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレート8に大きな反りが発生することを防止できる。

#### 【0181】

また、上記のような応力の発生を抑制できるため、第1ノズル層1および第2ノズル層2に要求される剛性が小さくてすむ。これにより、第1ノズル層1あるいは第2ノズル層2の層厚を、従来の構成(図19(a)(b)に示すSi層24が $15\mu\text{m}$ 、Si層25が $100\mu\text{m}$ )と比較して、小さくすることができる。(本実施の形態では、第1ノズル層1が $1\mu\text{m}$ 、第2ノズル層2が $20\mu\text{m}$ )。これにより、第1ノズル穴11aおよび第2ノズル穴11bの後述するエッチングの際、第1ノズル層1および第2ノズル層2のエッチング量が少なくてすみ、形成誤差が小さくなる。したがって、形成精度の高いノズル穴11を備えることができる。

#### 【0182】

また、第2ノズル穴11bがテーパ形状であるため、第2ノズル穴11b内部において、液体の乱流が発生しにくくなり、液滴の吐出安定性を向上させることができる。

#### 【0183】

また、上記のように第2ノズル層2を従来の構成と比較して薄くすることができるため、第2ノズル穴11bをテーパ形状に形成しても、液体流入口12を従来の構成と比較して小さくすることができる。これにより、ノズル穴11の集積度を上げることができる。

#### 【0184】

また、撥液膜4によって、液滴が第1ノズル穴11a近傍の第1ノズル層1に付着することを防止することができる。

#### 【0185】

なお、第1ノズル層1に用いられる材料はポリイミドに限定されない。ポリイミド以外的高分子有機材料であっても良いし、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ といったSi

化合物材料、あるいはSiであっても良い。

【0186】

また、ストッパ層3に用いる材料もTiを主成分とする金属材料に限定されない。第1ノズル層1および第2ノズル層2のエッチング加工および後述する犠牲層5のエッチングの際、当該エッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、エッチングガス（酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ等）、または、エッチャント（硝酸、水酸化カリウム水溶液等）に対する耐性の高い材料であればよい。具体的には、Ti、Al、Cu、Au、Pt、Ta、W、Nb等を主成分とする金属材料、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を主成分とする無機酸化物材料、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等を主成分とする無機窒化物材料等が挙げられる。

【0187】

また、第2ノズル層2に用いられる材料もポリイミドに限定されない。第1ノズル層1と同様に、ポリイミド以外的高分子有機材料であっても良いし、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といったSi化合物材料、あるいはSiであっても良い。

【0188】

また、ストッパ層3の形状もノズル穴11の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図1(a)に示すように、本実施の形態では1個のストッパ層3に対して1個のノズル穴11が形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれば、1個のストッパ層3に複数個のノズル穴11を形成しても良い。

【0189】

また、本実施の形態では、図1(b)に示すように、第1ノズル穴11aと第2ノズル穴11bの連通部11xの口径は、第2ノズル穴11bの上底11yの口径より小さいがこれに限定されない。上記連通部11xの口径が上記当接部11yの口径と同じであっても構わない。また、本実施の形態では、第2ノズル穴11bは、第1ノズル穴11aとの連通部11xが狭まった円錐台形状（テーパ形状）であるがこれに限定されない。例えば、図2に示すように、第2ノズル穴

11bの側壁がストッパ層3と垂直の、いわゆるストレート形状（円筒形状）に形成することもできる。この場合、第2ノズル穴11bの液体流入口12をより小さくすることができ、ノズルの集積度をさらに高めることができる。さらに、第2ノズル穴11bを、図8（c）に示すような膨らみのあるテーパ形状としてもよい。

### 【0190】

上記のように、ノズルプレート8を第1ノズル層1、ストッパ層3、第2ノズル層2を備える構成にすることによって、

- ①液体吐出口9の形状を、厚さ1 $\mu$ mの第1ノズル層1の加工精度が支配するため、液体吐出口9の形状精度を向上することができる。
- ②ノズルプレート8の剛性は第2ノズル層2で維持できるため、ノズルプレート8全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。
- ③ストッパ層3の形状を必要最小限に設定することができるので、応力によるノズルプレート8の反りを低減することができる。
- ④ノズルプレート8の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート8の液体流入口12を小さくすることができ、これによってノズル穴11の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。
- ⑤膜厚の厚い第2ノズル層2によって補強されているためノズルプレート8全体の剛性が高く反りが発生しにくくなるとともに取り扱いが容易になる。
- ⑥膜厚の厚い第2ノズル層2に加工された第2ノズル穴11bの加工精度がたとえ悪くとも、第2ノズル穴11bの加工時にはストッパ層3でエッチングが止まるため、吐出される液滴の大きさを制御する第1ノズル穴11aに影響を及ぼすことがない。
- ⑦ノズルプレート8は、ストッパ層3が第1ノズル層1よりも薄く設定されているため、前記ストッパ層3をフォトリソグラフィ技術を用いてエッチング加工を行う際、ストッパ層3を用いることなく第1ノズル層1を直接フォトリソグラフィ技術を用いて加工する場合に比べ、加工の形状精度が高く、このストッパ層3をマスクとしてエッチング選択性の高い加工方法で第1ノズル層1を加工するこ

とができるので、吐出される液滴の大きさを制御する第1ノズル穴11aを高精度で形成することができる。

⑧第1ノズル層1に $\text{SiO}_2$ あるいは $\text{Si}_3\text{N}_4$ を使用した場合、第1ノズル層1上に撥液膜4を形成する際、撥液膜4の付着力が向上するため、撥液膜4のはがれや欠けが防止されるため、吐出される液滴の吐出方向が安定し、描画画像の解像度が向上する。

#### 【0191】

(ノズルプレートの製造方法)

次に、本実施の形態にかかるノズルプレートの一製造方法を説明する。図3(a)～(g)は本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を説明する図である。また、図4は、図3(c)に示される工程の変形例である。

#### 【0192】

まず、Siやガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板6に、犠牲層5を、Niを用いた湿式鍍金によって形成する(図3(a)参照)。犠牲層5の厚さは $10\mu\text{m}$ とする。

#### 【0193】

次に、上記犠牲層5の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ $1\mu\text{m}$ で成膜し、第1ノズル層1を形成する(第1の工程、図3(b))。ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は犠牲層5上にスピコートによって塗布し、 $350^\circ\text{C}$ で2時間焼成した。

#### 【0194】

次に、上記第1ノズル層1上に、ストッパ層3を形成する(第2の工程、図3(c))。まず、Tiを主成分とする材料を用い、スパッタ法にて厚さ $0.5\mu\text{m}$ ( $5000\text{\AA}$ )のストッパ層3を形成する。そして、このストッパ層3を、フォトリソグラフィにより所定の形状のレジストパターンを形成した後、イオンミリングのようなArイオンによるドライエッチングによって一辺 $20\mu\text{m}$ の略正方形形状に加工する。このドライエッチングの際に、上記略正方形の内部に口径 $3\mu\text{m}$ の開口部11a<sub>1</sub>を1個形成する。この開口部11a<sub>1</sub>は後述する第1ノズル穴11aの形成パターンであり、第1ノズル穴11aの一部となる。

## 【0195】

次に、第2ノズル層2を上記第1ノズル層1およびストッパ層3上に、 $20\mu\text{m}$ の厚さで形成する（第3の工程、図3（d））。第2ノズル層2は、第1ノズル層1と同様に塗布型ポリイミド樹脂をスピコート法にて塗布し、 $350^{\circ}\text{C}$ で2時間焼成し $20\mu\text{m}$ の厚さとした。ここで、ストッパ層3の開口部11a1もポリイミド樹脂にて埋められることになる。

## 【0196】

次に、上記第2ノズル層2上にフォトリソグラフィによってレジストパターン7を形成し、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングを行い、第2ノズル層2にテーパ形状（円錐台形状）の第2ノズル穴11bを形成した（第4の工程、図3（e））。なお、上記ドライエッチングはストッパ層3で止めることができる。すなわち、ストッパ層3の上記開口部11a1を除いてストッパ層3が露出した部位では、ドライエッチングがそれ以上進行しない。

## 【0197】

第2ノズル穴11bのテーパ形状の加工に際しては、上記エッチングにおいて、レジストパターン7のエッチレートと第2ノズル層2のポリイミド樹脂のエッチレートを概ね等しくし、該レジストパターン7を $150^{\circ}\text{C}$ で60分ポストベークすることによってレジストパターン7をテーパ形状とし、エッチングによってこの形状を第2ノズル層2に転写する手法を用いた。

## 【0198】

すなわち、図9に示すように、エッチレートがポリイミド樹脂（第2ノズル層2）と概ね等しくテーパ断面を有するレジストパターン7を形成し、ポリイミド樹脂のエッチングと同じスピードでレジストパターン7をエッチングし、レジストパターン7のエッジを広げる。このときポリイミド樹脂（第2ノズル層2）もエッチングされることになり、エッチングの壁面（第2ノズル穴11bの壁面）が当初レジストで形成したテーパを有する壁面（レジストパターン7）と同じ形状になる。

## 【0199】

なお、レジストパターン7と第2ノズル層2のエッチレートとが概ね等しいこ

とから、レジストパターン7の厚さは第2ノズル層2の厚さより厚く形成することが望ましい。

#### 【0200】

次に、第4の工程に連続して、第1ノズル層1に第1ノズル穴11aを加工するエッチングを行う（第5の工程、図3（e）参照）。このとき第1ノズル穴11aは、先の工程で加工したストッパ層3の開口部11a1によって決定される形状（略円形であり、口径が $3\mu\text{m}$ ）に加工される。このとき、ストッパ層3は本工程の酸素を主成分とするドライエッチングではほとんどエッチングされないため、ストッパ層3に形成されたパターンが変化することなく、第1ノズル穴11aは図3に示すようにほぼ垂直に加工され、これによって第1ノズル穴11aを高い精度で形成することができる。

#### 【0201】

次に、上記レジストパターン7をレジスト剥離液を用いて除去し、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層5のみをエッチングすることで、ノズルプレート8を基板6からとりはずす（図3（f））。先に述べたように、第1ノズル層1、第2ノズル層2を形成するポリイミド樹脂やストッパ層3を形成するTiは、上記犠牲層5のエッチング液によってほとんどエッチングされることがないので、犠牲層5のエッチングによって、形状の変化や構造的信頼性の低下を招来することがない。

#### 【0202】

次に、第1ノズル層1の表面に撥液膜4を形成する（図3（g））。ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨でフッ素重合体を用い、これをスタンプなどの方法により第1ノズル層1の表面に塗布し、高分子膜にて撥液膜4を形成した。なお、第1ノズル穴11a内に回り込んだ撥液膜については、撥液膜形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第2ノズル穴11b側からドライエッチングすることで、これを除去した。これにより、ノズルプレート8のダメージを最小限にすることができる。

#### 【0203】

本実施の形態によれば、第1ノズル穴11aをエッチングする際、ストッパ層

3をマスク（遮蔽層）として、第1ノズル穴11aをエッチングするため、第1ノズル穴11aを高精度に形成できる。

【0204】

また、第2ノズル層2をエッチングする際、ストッパ層3で自動的にエッチングがとまり、第2ノズル穴11bのエッチング深さを規定することができる。

【0205】

また、ストッパ層3の材料に、第1ノズル穴11aのエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第1ノズル穴11aの側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴11aをより高精度に形成することができる。また、第1ノズル層1あるいは第2ノズル層2を薄く形成できるため、第1ノズル穴11aおよび第2ノズル穴11bのエッチングの際、第1ノズル層1および第2ノズル層2のエッチング量が少なくすみ、形成誤差が小さくなる。したがって、ノズル穴11を高い精度で形成できる。

【0206】

具体的には、本実施の形態の工程を用いて作成した200個の液体吐出口9を有するノズルプレート8の各液体吐出口9の形状を評価したところ、ばらつきは $\pm 0.2\mu\text{m}$ と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート8の反りも $10\mu\text{m}$ 以下と非常に平坦であった。

【0207】

さらに、第1ノズル穴11aおよび第2ノズル穴11bをエッチングする際、ストッパ層3に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴11aと第2ノズル穴11bの位置あわせが容易である。

【0208】

さらに、第1ノズル穴11aおよび第2ノズル穴11bの形成工程（第4工程および第5工程）において、第4工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第5工程のエッチングを行うことができる。これにより、製造プロセスを簡略化できる。

【0209】

なお、本実施の形態では、犠牲層 5 として Ni、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 としてポリイミド樹脂、ストッパ層 3 として Ti を用いたが、この組み合わせに限定されない。

#### 【0210】

犠牲層 5 には、Ni のほかに、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2、ストッパ層 3 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいは KOH 水溶液に可溶な材料、またはポリイミドのような酸素プラズマによってエッチングできる材料を用いることができる。また、犠牲層 5 の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

#### 【0211】

第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 には、犠牲層 5 のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。また、ストッパ層 3 には、犠牲層 5 のエッチングおよび第 1 ノズル穴 11a および第 2 ノズル穴 11b のエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

#### 【0212】

ここで、表 1 に、使用材料（犠牲層、第 1 ノズル層、ストッパ層、第 2 ノズル層）および加工方法（ストッパ層、第 1 ノズル穴、第 2 ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

#### 【0213】

【表1】

層構成				加工方法			
犠牲層	第1 ノズル層	ストッパ層	第2 ノズル層	ストッパ層 の加工方法	第1ノズル穴 の加工方法	第2ノズル穴 の加工方法	犠牲層 除去
Ni, Al, Cu	ポリイミド	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Arドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	ポリイミド	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Arドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ またはSF <sub>6</sub> ド ライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Arドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ またはSF <sub>6</sub> ド ライエッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Arドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ またはSF <sub>6</sub> ド ライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ またはSF <sub>6</sub> ド ライエッチ	硝酸
ポリイミド	SiO <sub>2</sub> , Si	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Arドライエッ チまたはCl ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ またはSF <sub>6</sub> ド ライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ またはSF <sub>6</sub> ド ライエッチ	O <sub>2</sub> プラ ズマ エッチ

## 【0214】

表1に示すように、第1ノズル層1、第2ノズル層2はポリイミド樹脂のような高分子有機材料に限定されず、SiまたはSiO<sub>2</sub>などの無機シリコン化合物を選択することができる。ただし、SiO<sub>2</sub>やSiをドライエッチングするためには、Fを含有する反応ガスを使用する必要があり、このエッチングに対して本実施の形態で用いたTiは耐性が低いため、Auなどのエッチング耐性を有する材料をストッパ層3として利用することが望ましい。

## 【0215】

また、ストッパ層3にも、Ti以外に、表1に示す組み合わせに応じて、同表に記載の材料を使用することができる。なお、ストッパ層3の材料であるTiはCF<sub>4</sub>と酸素の混合ガスをを用いたプラズマでもエッチングすることができる。しかし、Tiの下に形成された第1ノズル層1（ポリイミド）が、上記ガスのプラズマによってTiよりも高速にエッチングされ、大きなダメージを受ける。したがって、本実施の形態ではストッパ層3のパターニングにはArイオンによるドライエッチング法を採用している。このように、ストッパ層3のエッチレートと

第1ノズル層1のエッチレートとの差が少ないArイオンによるドライエッチング法を採用することで、第1ノズル層1のダメージを最小限に抑えつつストッパ層3をパターンニングすることができる。

#### 【0216】

また工程2において、上記ストッパ層3は正方形形状に形成したがこれに限定されない。第2ノズル穴11bを形成する際、該第2ノズル穴11bがストッパ層3に到達し、エッチングの進行が止まるような形状および大きさであれば何でもよい。ただし、ストッパ層3の応力によるノズルプレート8の反りをより低減できるような形状および大きさ（必要最小限の大きさ）であることが望ましい。

#### 【0217】

さらに、工程2においては、ストッパ層3の形状と第1ノズル穴11aの形成パターンとなる開口部11a<sub>1</sub>を同時に作成したが、2回のエッチング工程によって作成することも可能である。さらに、工程2では、図4に示すように、ノズル穴加工パターン（開口部11a<sub>1</sub>を有するストッパ層3）の作成時に、第1ノズル穴11aを加工することもできる。ただしこの場合は、第2ノズル層2を形成する際に（工程3）、先に加工した開口部11a<sub>1</sub>が埋められてしまうため、工程5において、再度当該部位を加工する。

#### 【0218】

また、工程4においては、第2ノズル穴11bを加工する際のマスク材とエッチング条件を適正化し、図8（a）～（c）に示すように、側壁に膨らみ（曲面）をもった第2ノズル穴11bを形成することもできる。

#### 【0219】

すなわち、に示すように第2ノズル層2上に酸素のプラズマエッチに対する耐性の高いSiO<sub>2</sub>などをマスク13として形成し（図8（a）参照）、酸素のプラズマエッチを高いガス圧たとえば500mTorrでエッチングする（図8（b）参照）。これにより、マスク13の下にも、アンダーカットが生じ、ふくらのあるテーパを形成することができる（図8（c）参照）。

#### 【0220】

ただし、上記エッチングがオーバーエッチングになると、第2ノズル穴11b

とストッパ層 3 の接触部において第 2 ノズル穴 11b の口径 d が広がり、大面積のストッパ層 3 が必要となるため、上記エッチングを適性に制御することが好ましい。

#### 【0221】

また、撥液膜 4 としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などを用いることもできる。

#### 【0222】

以上の加工工程を用いることによって、

- ①第 1 ノズル穴 11a をストッパ層 3 の開口部 11a<sub>1</sub> をマスクとして選択性の高い加工手段で加工するため、加工中の開口部 11a<sub>1</sub> 形状の変化が少なく、オーバーエッチや第 1 ノズル層 1 の厚さのばらつきなどによる、第 1 ノズル穴 11a の加工形状の変動が少なく、形状精度が高く再現性のよい加工を行うことができる。
- ②上記第 2 ノズル穴 11b を上記ストッパ層 3 に対して選択性の高い加工手段によって加工するため、第 2 ノズル穴 11b の加工を再現性よくストッパ層 3 で止めることができる。このため、第 2 ノズル穴 11b の加工精度が第 1 ノズル穴 11a の加工精度に及ばず影響が軽微であり、液体吐出口 9 の形状精度が高く、層厚の厚いノズルプレート 8 を安定して製造することができる。

#### 【0223】

##### 〔実施の形態 2〕

本発明の実施の形態 2 について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

#### 【0224】

##### （ノズルプレート）

図 5（a）は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図 5（b）は、図 5（a）の B-B' 矢視断面図である。ノズルプレートには 1 個以上の液体（液状物質）吐出口 90 が形成されており、図 5（a）においては 2 個の液体吐出口 90 が示されている。

#### 【0225】

図5 (a) に示すように、ノズルプレート80は、ノズル層10、ストッパ層30 (遮蔽層)、補強板20、ノズル穴110を備えている。ノズル層10の液体吐出面側には撥液膜40が形成され、その反対側には補強板20が接合されている。ストッパ層30は、ノズル層10と補強板20の界面に位置し、上記液体吐出口90を開口部とする第1ノズル穴110aの形成位置に局所的に形成されている。すなわち、第1ノズル穴110aは、撥液膜40、ノズル層10を貫通し、局所的に形成されたストッパ層30の中心部を貫通している。

#### 【0226】

また、直方体形状の第2ノズル穴110bは、補強板20を貫通しており、円筒形状の上記第1ノズル穴110aとともにノズル穴110を構成する。

#### 【0227】

ここで、上記ストッパ層30は、ノズル層10と補強板20との界面において第2ノズル穴110bの内部 (開口範囲内) に位置している。したがって、上記第2ノズル穴110bの開口部にあたる底面 (略正方形) が液体供給口120となっており、第2ノズル穴110bの奥壁にあたる底面110y (略正方形) の内側に、ノズル層10とストッパ層30との接触面 (穴付略正方形) が位置している。なお、この接触面の内側 (中心部) には、第1ノズル穴110aと第2ノズル穴110bとの連通部110x (略円形) が位置している。

#### 【0228】

ノズル層10は、本実施の形態では厚さが $1\mu\text{m}$ のポリイミド膜で形成されている。

#### 【0229】

ストッパ層30は、Tiを主成分とする金属材料が用いられ、ノズルプレート80全体の応力による反りを低減するため、1辺 $10\mu\text{m}$ の略正方形形状に形成されている。

#### 【0230】

第1ノズル穴110aの開口部 (液体吐出口90) の口径は $3\mu\text{m}$ となっている。

#### 【0231】

撥液膜 40 は、フッ素重合体を有する高分子材料から形成されている。

#### 【0232】

補強板 20 は厚さ  $50\mu\text{m}$  の Si からなり、上記した略正方形の第 2 ノズル穴 110b の開口部（液体供給口 120）は、一辺が  $30\mu\text{m}$  となっている。

#### 【0233】

本実施の形態によれば、ストッパ層 30 は、後述する第 1 ノズル穴 110a のエッチング時に遮蔽層となれば足りることから、第 2 ノズル穴 110b の内部に位置するよう、小さい形状にて形成されている。

#### 【0234】

このように、ノズル層 10 とストッパ層 30 との接触面を最小限にすることができ、加えて、補強板 20 とストッパ層 30 との接触面をなくすることができるため、ノズル層 10 および補強板 20 とストッパ層 30 との線膨張率の差に起因する応力の発生を、従来や実施の形態 1 の構成に比較して大幅に抑制することができる。これにより、ノズルプレート 80 に大きな反りが発生することを防止できる。

#### 【0235】

なお、ノズル層 10 に用いられる材料はポリイミドに限定されない。ポリイミド以外的高分子有機材料であっても良いし、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  といった Si 化合物材料、あるいは Si であっても良い。

#### 【0236】

また、ストッパ層 30 に用いる材料も Ti を主成分とする金属材料に限定されない。ノズル層 10 のエッチングおよび後述する犠牲層 50 のエッチングの際、当該エッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ、硝酸、水酸化カリウム水溶液等に耐性の高い材料であればよい。具体的には、Ti、Al、Cu、Au、Pt、Ta、W、Nb、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  等を主成分とする金属材料あるいは無機酸化物材料や無機窒化物材料等が挙げられる。

#### 【0237】

また、補強板 20 に用いられる材料も Si に限定されない。 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$

4といったSi化合物材料であっても良い。

#### 【0238】

また、ストッパ層30の形状もノズル穴110の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図5(a)に示すように、本実施の形態では1個のストッパ層30に対して1個のノズル穴110が形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれば、1個のストッパ層30に複数個のノズル穴110を形成しても良い。

#### 【0239】

また、補強板20に設けられた第2ノズル穴110bも直方体形状(断面が正方形形状)に限定されない。円筒形状やテーパ形状(円錐台形状)であっても良い。

#### 【0240】

上記のように、ノズルプレートをノズル層10、ストッパ層30、補強板20を備える構成にすることによって、

- ①液体吐出口90の形状を、厚さ1 $\mu$ mのノズル層10の加工精度が支配するため、液体吐出口120の形状精度を向上することができる。
- ②ノズルプレート80の剛性は補強板20で維持できるため、ノズルプレート80全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。
- ③ストッパ層30の形状をさらに小さくすることができるので、応力によるノズルプレート80の反りを低減することができる。
- ④ノズルプレート80の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート80の液体流入口120を小さくすることができ、これによってノズル穴110の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。
- ⑤また、ストッパ層30は補強板20に形成された第2ノズル穴110bの形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工できるため、線膨張率の差によるノズルプレート80の反りをさらに低減することができる。

⑥ノズルプレート80は、ストッパ層30がノズル層10よりも薄く設定されているため、前記ストッパ層30をフォトリソグラフィ技術を用いてエッチング加工を行う際、ストッパ層30を用いることなくノズル層10を直接フォトリソグラフィ技術を用いて加工する場合に比べ、加工の形状精度が高く、このストッパ層30をマスクとしてエッチング選択性の高い加工方法でノズル層10を加工することができるので、吐出される液滴の大きさを制御する第1ノズル穴110aを高精度で形成することができる。

#### 【0241】

(ノズルプレートの製造方法)

図6(a)～(g)は、本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を示している。以下に、同図を用いて本実施の形態にかかるノズルプレートの製造方法を説明する。

#### 【0242】

まず、Siやガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板60に、犠牲層50を、Niを用いた湿式鍍金によって形成する(図6(a))。犠牲層50の厚さは10 $\mu$ mとする。

#### 【0243】

次に、上記犠牲層50の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ1 $\mu$ mで成膜し、ノズル層10を形成する(図6(b))。ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は犠牲層50上にスピコートによって塗布し、350℃で2時間焼成した。

#### 【0244】

次に、上記ノズル層10上に、ストッパ層30(遮蔽層)を形成する(図6(c))。まず、Tiを主成分とする材料を用い、スパッタ法にて厚さ5000Åのストッパ層30を形成する。そして、このストッパ層30を、フォトリソグラフィにより所定の形状のレジストパターンを形成した後、イオンミリングのようなArイオンによるドライエッチングによって一辺10 $\mu$ mの略正方形形状に加工する。このドライエッチングの際に、上記略正方形の内部に口径3 $\mu$ mの開口部110a<sub>1</sub>を1個形成する。この開口部110a<sub>1</sub>は後述する第1ノズル穴110aの形成パターンであり、第1ノズル穴110aの一部となる。

## 【0245】

次に、上記ストッパ層30の開口部110a<sub>1</sub>に対応するパターンを有するレジストパターン70を形成する。すなわち、レジストパターン70の開口部70aにストッパ層30の開口部110a<sub>1</sub>が位置するように形成される。しかる後に、ストッパ層30をマスクとして、その開口部110a<sub>1</sub>からノズル層10をエッチングし、第1ノズル穴110aを形成する。このエッチングには、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングによる。(図6(d))。

## 【0246】

続いて、レジスト70を剥離液などを用いて除去する。ここで、ストッパ層30は本工程の酸素を主成分とするドライエッチングではほとんどエッチングされないので、ストッパ層30に形成されたパターンが変化することなく、第1ノズル穴110aは図6(d)に示すようにほぼ垂直に加工される。

## 【0247】

このため、オーバーエッチによる加工形状の変化がなく、フォトリソグラフィのパターン精度に近い±0.1μmの極めて高い加工精度で第1ノズル穴110aを形成することができる。また、上記レジスト70の厚さは、上記ノズル層10の厚さよりも大きいことが望ましく、本実施の形態では上記レジスト厚を2μmとした。

## 【0248】

次に、一辺15μmの直方体形状の第2ノズル穴110bを有する補強板20を、第2ノズル穴110b内に上記ストッパ層30が配置するように位置決めして接着する(図6(e)参照)。ここでは各部材(ノズル層10と補強板20)の接着面をカメラ等で観察し、観察位置から上記各部材を所定量移動し、機械的に接合する方法を用いた。

## 【0249】

図10(a)はこの方法における、位置決め(アライメントフェイズ)を示し、同図(b)は接合(接合フェイズ)を示している。

## 【0250】

まず、図10(a)に示すように、補強板位置測定エリア65において、カメ

ラ 61 によって補強板 20 の接合面を観察し、第 2 ノズル穴 110b の輪郭パターンを測定する。同様に、ノズル層位置測定エリア 67 において、カメラ 62 によってノズル層 10 の接合面を観察し、ストッパー層 30 の輪郭パターンを測定する。

#### 【0251】

次に、図 10 (b) に示すように、上記測定結果からノズル層 10 および補強板 20 の適正移動量を算出し、この適正移動量に従い上記ノズル層 10 と補強板 20 とを接合エリア 66 における適性位置に移動させる（アライメントフェイズ）。

#### 【0252】

そして、接合エリア 66 において、接合面をリアルタイムで観察することなく上下に圧着し、補強板 20 とノズル層 10 とを接合する。

#### 【0253】

なお、補強板 20 は Si からなり、接着剤には、耐薬品性の高いエポキシ系を用いる。接着の際には、接着剤とノズル層 10 あるいは補強板 20 の線膨張係数の差から、ノズルプレート 80 に反りが発生しないよう、常温にて硬化することが望ましい。

#### 【0254】

次に、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層 50 のみをエッチングすることで、ノズルプレート 80 を基板 60 からとりはずす（図 6 (f) 参照）。このとき、ノズル層 10 を形成するポリイミド樹脂やストッパ層 30 を形成する Ti ならびに補強板 20 を形成する Si は、上記犠牲層 50 のエッチング液によってほとんどエッチングされることがないので、犠牲層 50 のエッチングによって、形状の変化や構造的信頼性の低下を招来することがない。

#### 【0255】

次に、ノズル層 10 の表面に撥液膜 40 を形成する（図 6 (g)）。ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨によりフッ素重合体を用い、これをスタンプなどの方法でノズル層 10 の表面に塗布することで、高分子膜にて撥液膜 40 を形成した。なお、第 1 ノズル穴 110a 内に回り込んだ撥液膜 40 については、撥液

膜40形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第2ノズル穴110b側からドライエッチングすることで、これを除去した。これにより、ノズルプレート80のダメージを最小限にすることができる。

#### 【0256】

ここで補強板20の製造方法について図7を用いて簡単に説明する。

#### 【0257】

まず、図中矢印D方向の厚さ $2.00\mu\text{m}$ のSi基板31に、第2ノズル穴110bとなる幅 $15\mu\text{m}$ 、深さ $15\mu\text{m}$ の溝をダイシング装置によって所定の間隔に形成する。次に、矢印D方向の厚さ $100\mu\text{m}$ のSi基板32を上記溝を加工したSi基板31の溝を配設した面33にエポキシ系の接着剤を用いて接合する。次に、ダイシング装置によって溝に直交する方向（図中矢印D方向）に切断する。これにより、図中矢印E方向に沿った、第2ノズル穴110b（断面が一辺 $15\mu\text{m}$ の略正方形）の列を1列有する、矢印F方向の厚さ $50\mu\text{m}$ の補強板20を複数枚切り出すことができる。

#### 【0258】

ここで、上記方法は補強板20の製造方法の単なる一例に過ぎず、例えば、図中矢印E方向に沿った第2ノズル穴110b（断面が一辺 $15\mu\text{m}$ の略正方形）の列を図中矢印D方向に複数列有する補強板20を製造することもできる。この場合、溝を加工したSi基板31を複数枚用いればよい。なお、溝を加工した上記Si基板31を複数枚用い、溝の位置あるいは接合位置を調整すれば、千鳥配列された第2ノズル穴110bを形成することもできる。

#### 【0259】

本実施の形態によれば、ストッパ層30は第1ノズル穴110aのエッチング時に遮蔽層（マスク）となる大きさであればよい。よって、ストッパ層30を実施の形態1に比較して、より小さい形状にて形成することができる。

#### 【0260】

また、補強板20とノズル層10とを別個に形成できるため、ノズルプレート80を簡略に、また、安定して製造することができる。

#### 【0261】

以上のプロセスを用いて作成した200個の液体吐出口90を有するノズルプレート80の各吐出口の形状を評価したところ、ばらつきは $\pm 0.2 \mu\text{m}$ と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート80の反りも $5 \mu\text{m}$ 以下と非常に平坦であった。

#### 【0262】

なお、本実施の形態では、犠牲層50にNi、ノズル層10にポリイミド樹脂、補強板20にSi、ストッパ層30にTiを用いたが、この組み合わせに限定されない。

#### 【0263】

犠牲層50には、Niのほかに、ノズル層10、補強板20、ストッパ層30に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいはKOH水溶液に可溶な材料、またはポリイミドのような酸素プラズマによってエッチングできる材料を用いることができる。また、犠牲層50の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

#### 【0264】

ノズル層10、補強板20には、犠牲層50のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。また、ストッパ層30には、犠牲層50のエッチングおよび第1ノズル穴110aのエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

#### 【0265】

ここで、表2に使用材料（犠牲層、ノズル層、ストッパ層、補強板）および加工方法（ストッパ層、第1ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

#### 【0266】

【表 2】

層構成				加工方法		
犠牲層	ノズル層	ストッパ層	補強板	ストッパ層の加工方法	第1ノズル穴の加工方法	犠牲層除去
Ni, Al, Cu	ポリイミド	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス, ポリイミド	Arドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	SiO <sub>2</sub>	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス, ポリイミド	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	硝酸
ポリイミド	SiO <sub>2</sub>	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス	ArドライエッチまたはClドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> プラズマエッチ
ポリイミド	Si	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス	ArドライエッチまたはClドライエッチ	SF <sub>6</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> プラズマエッチ

【0267】

表2に示すように、ノズル層10はポリイミド樹脂のような高分子有機材料に限定されず、SiまたはSiO<sub>2</sub>などの無機シリコン化合物を用いることができる。また、補強板20についても、Si以外にガラスやAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などを主成分とするセラミックあるいはポリイミド樹脂といった材料を使用することができる。

【0268】

なお、ストッパ層30の材料であるTiはCF<sub>4</sub>と酸素の混合ガスを用いたプラズマでもエッチングすることができる。しかし、Tiの下に形成されたノズル層10（ポリイミド）が、上記ガスのプラズマによってTiよりも高速にエッチングされ、大きなダメージを受ける。したがって、本実施の形態ではストッパ層30のパターニングにはArイオンによるドライエッチング法を採用している。このように、ストッパ層30およびノズル層10とのエッチレートの差が少ないArイオンによるドライエッチング法を採用することで、ノズル層10のダメージを最小限に抑えつつストッパ層30をパターニングすることができる。

【0269】

また、撥液膜40としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などを用いることもできる。

【0270】

また、本実施の形態では補強板20は、Si板に第2ノズル穴110bを加工しただけであるが、補強板20の厚さを変更することによって、液滴吐出機構や

液滴吐出信号伝達手段を配置することが可能である。

#### 【0271】

以上の加工工程を用いることによって、

- ①液体吐出口90の形状を、厚さ1 $\mu$ mのノズル層10の加工精度が支配するため、液体吐出口90の形状精度を向上することができる。
- ②ノズルプレート80の剛性は補強板20で維持できるため、ノズルプレート80全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。
- ③ストッパ層30の形状をさらに小さくすることができるので、応力によるノズルプレート80の反りを低減することができる。
- ④ノズルプレート80の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート80の液体流入口120を小さくすることができ、これによってノズル穴110の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。
- ⑤ノズルプレート80を簡便に、安定して製造することができる。

#### 【0272】

なお、上記実施の形態のノズルプレート8(80)は、上記ストッパ層3(30)の膜厚が第1ノズル層1(ノズル層10)よりも薄いことを特徴とすることもできる。

#### 【0273】

上記構成のノズルプレート8(80)は、ストッパ層3(30)が第1ノズル層1(ノズル層10)よりも薄く設定されているため、前記ストッパ層3(30)をフォトリソグラフィ技術を用いてエッチング加工を行う際、ストッパ層3(30)を用いることなく第1ノズル層1(ノズル層10)を直接フォトリソグラフィ技術を用いて加工する場合に比べ、加工の形状精度が高く、このストッパ層3(30)をマスクとしてエッチング選択性の高い加工方法で第1ノズル層1(ノズル層10)を加工することができるので、吐出される液滴の大きさを制御する第1ノズル穴11a(110a)を高精度で形成することができる。

#### 【0274】

なお、上記実施の形態のノズルプレート8は、第1ノズル層1または第2ノズ

ル層 2 は、高分子有機材料または Si あるいは無機シリコン化合物から選定される材料によってそれぞれ形成され、上記ストッパ層 3 は第 1 ノズル層 1 または第 2 ノズル層 2 の加工手段に対して、耐性の高い材料によって形成されることを特徴とすることもできる。

#### 【0275】

上記構成のノズルプレート 8 は、第 1 ノズル穴 11a がストッパ層 3 を貫通する形状で第 1 ノズル層 1 に形成されているため、第 1 ノズル穴 11a の形状精度が高い。また、第 2 ノズル層 2 に形成された第 2 ノズル穴 11b がストッパ層 3 を貫通することがないので第 1 ノズル層 1 の厚さが一定で、流路抵抗のばらつきがない。

#### 【0276】

なお、上記実施の形態におけるノズルプレート 8 (80) の製造方法は、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) を添着する工程と、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) 上にストッパ層 3 (30) を形成する工程と、ストッパ層 3 (30) に開口部を形成する工程と、ストッパ層 3 (30) に形成した開口部形状をマスクとして、第 1 ノズル穴 11a (110a) を加工する工程と、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) と支持基板を離間する工程を備えることもできる。

#### 【0277】

上記構成のノズルプレート 8 (80) の製造方法では、第 1 ノズル穴 11a (110a) のマスクとなるストッパ層 3 (30) の開口部を作成する際、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) が支持基板によって支持されているため、上記開口部の加工を精度よく行うことができ、このためこの開口部をマスクとして加工する第 1 ノズル穴 11a (110a) が高精度に形成される。

#### 【0278】

なお、上記実施の形態におけるノズルプレートの製造方法は、上記第 1 ノズル穴 11a または第 2 ノズル穴 11b の加工をドライエッチングを用いて行うことを特徴とすることもできる。

#### 【0279】

上記構成のノズルプレート 8 の製造方法では、高い異方性を有するエッチング

で第1ノズル穴11a又は第2ノズル穴11bを加工するため、第1ノズル穴11aまたは第2ノズル穴11bを高い加工精度で加工することができる。

【0280】

また、上述したすべての実施の形態を通して、上記遮蔽層は液滴吐出信号伝達手段を兼ねることができる。

【0281】

さらに、本発明にかかるノズルプレートは、バブルジェット（登録商標）方式、圧電吐出方式、静電吐出方式のいずれの方式のインクジェットにおいても適用可能である。

【0282】

本発明は上述した各実施の形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施の形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0283】

〔実施の形態3〕

本発明の実施の形態3について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0284】

（ノズルプレート）

図11（a）は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図11（b）は、図11（a）のA-A' 矢視断面図である。ノズルプレート8には1個以上の液状物質の吐出口（開口部または第1開口部）（以下、吐出口と称する）11cが形成されており、図11（a）においては2個の吐出口11cが示されている。

【0285】

図11（a）（b）に示すように、ノズルプレート8の液状物質吐出側には撥液膜4を有する第1ノズル層1、液状物質供給側には第2ノズル層2が形成され、この第1ノズル層1内に吐出層14、第2ノズル層2内にストッパ層3（遮蔽

層)が形成され、これら(撥液膜4、吐出層14、第1ノズル層1、ストッパ層3、第2ノズル層2)を貫くようにノズル穴11が形成されている。

#### 【0286】

より具体的には、ノズルプレート8の液状物質吐出面には撥液膜4が形成され、撥液膜4と接するように第1ノズル層1が形成されている。吐出層14は第1ノズル層1層内にて局所的に形成され、さらに第1ノズル層1の撥液膜4側の面と吐出層14の撥液膜4側の面とは面一状に形成されている。第2ノズル層2は、その片面が第1ノズル層1の撥液膜4形成面の反対側の面に接するように形成されている。ストッパ層3は第2ノズル層2層内にて、その片面が第1ノズル層1と接するように局所的に形成されている。

#### 【0287】

また、撥液膜4、吐出層14、第1ノズル層1、および第2ノズル層2を貫通するノズル穴11は、撥液膜4、吐出層14、第1ノズル層1およびストッパ層3の貫通部である第1ノズル穴11aと、第2ノズル層2の貫通部である第2ノズル穴11bから構成される。さらに第1ノズル穴11aは、撥液膜4および吐出層14の貫通部である吐出口11cと、第1ノズル層1およびストッパ層3の貫通部である第1ノズル穴部11dからなる。

#### 【0288】

換言すれば、吐出層14は、第1ノズル層1内にて、撥液膜4と第1ノズル層1との界面に位置し、撥液膜4に接するとともに、吐出口11cの形成位置に局所的に形成されていることになり、また、ストッパ層3は、第2ノズル層2内にて、第1ノズル層1と第2ノズル層2との界面に位置し、第1ノズル層1に接するとともに、第1ノズル穴部11dの形成位置に局所的に形成されていることになる。

#### 【0289】

そして、ノズルプレート8の裏面(撥液膜4形成面の反対側の面)に形成された第2ノズル穴11bの入口開口部から供給された液状物質が第2ノズル穴11bおよび第1ノズル穴部11dを介して吐出口11cから例えば、液滴として吐出される。なお、液状物質の吐出時の形状は、液滴形状に限定されない。

## 【0290】

ここで、吐出口11cおよび第1ノズル穴部11dは、図11(a)に示すように、ともに円筒形状を有しており、第2ノズル穴11bは、第1ノズル穴部11dとの連通部から裾広がりに拡開するテーパ形状（円錐台形状）である。

## 【0291】

さらに、円筒形状の第1ノズル穴部11dの上底11 $\alpha$ は、略吐出口11cを中心とする円環形状であり、吐出層14が当該上底11 $\alpha$ を成して露出している。したがって吐出口11cと第1ノズル穴部11dとの連通部11 $\beta$ （略円形）の口径は、第1ノズル穴部11dの上底11 $\alpha$ の外口径（上記連通部11 $\beta$ における第1ノズル穴部11dの外形）より小さい。

## 【0292】

さらに、円錐台形状の第2ノズル穴11bの上底11yは、略第1ノズル穴部11dを中心とする円環形状であり、ストップ層3が当該上底11yを成して露出している。したがって第1ノズル穴部11dと第2ノズル穴11bの連通部11x（略円形）の口径は、第2ノズル穴11bの上底11yの外口径（上記連通部11xにおける第2ノズル穴11bの外形）より小さい。

## 【0293】

以下、各部のサイズや材質の具体例を説明するが、本発明がその具体例に限定されるものではない。

## 【0294】

吐出層14にはTiを主成分とする0.5 $\mu$ mのTi膜が用いられている。また、第1ノズル層1には厚さが約1 $\mu$ mのポリイミド膜が用いられ、第2ノズル層2には厚さが約20 $\mu$ mのポリイミド膜が用いられている。

## 【0295】

ストップ層3はTiを主成分とする金属材料からなりノズルプレート8全体の応力による反りを低減するため、1辺約20 $\mu$ mの略正方形形状となっている。

## 【0296】

第1ノズル穴11aの開口部にあたる吐出口11cの口径は約3 $\mu$ mである。また、第2ノズル穴11bの上底11yの外口径は10 $\mu$ mであり、入口開口部

(液体流入口 12) の口径は  $30\ \mu\text{m}$  である。

【0297】

また、吐出層 14 および第 1 ノズル層 1 上の撥液膜 4 は、厚さが約  $0.05\ \mu\text{m}$  のフッ素重合もしくはシリコン系の高分子膜により形成されている。上記撥液膜 4 は、後述するように吐出口 11c に回り込んだ余分な領域が、ドライエッチによって除去されるが、このドライエッチによって吐出口 11c の形状が大幅に変形しないように、その膜厚は吐出口 11c の膜厚より薄いことが望ましい。

【0298】

本実施の形態によれば、着弾精度に大きな影響を与えるノズルプレート 8 の吐出口 11c の形状が、上記  $0.5\ \mu\text{m}$  の Ti 膜の加工精度で決定されるので、該吐出口 11c の加工精度が非常に高く、これに伴って非常に高い着弾精度を確保することができる。

【0299】

一方で、吐出口 11c の加工精度を高めるためには、吐出層 14 の膜厚を薄くすればよい。これにより、吐出層 14 のエッチング量が小さくなるので、吐出層 14 をエッチング剤に曝す時間を短くすることができる。ここで、吐出層 14 の膜厚を薄くすることによって、吐出層 14 の剛性が低下し、吐出口 11c の構造的な信頼性が減少するおそれがあるが、本実施の形態では、吐出層 14 が第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 側の面に接するように、かつ第 1 ノズル層 1 の内部に形成されているため、吐出層 14 が補強されている。したがって、吐出口 11c の構造的信頼性を担保しつつも吐出口 11c の形状精度を向上することができる。

【0300】

また、上記ストッパ層 3 はノズル穴 11 (第 1 ノズル穴部 11d) の形成位置ごとに局所的に設けられているため、第 1 ノズル層 1 と第 2 ノズル層 2 との界面の全体にわたってストッパ層 3 を形成する構成と比較して、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 とストッパ層 3 との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレート 8 に大きな反りが発生することを防止できる。

【0301】

また、第2ノズル穴11bがテーパ形状であるため、第2ノズル穴11b内部において、液体の乱流が発生しにくくなり、液状物質の吐出安定性を向上させることができる。

#### 【0302】

また、撥液膜4によって、液状物質が吐出口11c近傍の吐出層14に付着することを防止できる。

#### 【0303】

なお、吐出層14に用いられる材料はTiを主成分とする金属材料に限定されない。第1ノズル層1および第2ノズル層2のエッチング工程および後述する犠牲層5（図13（f）参照）のエッチングおよび吐出口11c内に回り込んだ撥液膜4のエッチング工程の際、これらのエッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、エッチングガス（酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ等）、または、エッチャント（硝酸、水酸化カリウム水溶液等）に対する耐性の高い材料であればよい。

#### 【0304】

具体的には、Ti、Al、Cu、Co、Fe、Ni、Au、Pt、Ta、W、Nb等を主成分とする金属材料、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を主成分とする無機酸化物材料、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN等を主成分とする無機窒化物材料等が挙げられ、上記エッチングガスあるいはエッチャントとの組み合わせで選択することができる。

#### 【0305】

また、第1ノズル層1に用いられる材料はポリイミドに限定されない。ポリイミド以外的高分子有機材料であっても良いし、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といったSi化合物材料、あるいはSiであっても良い。

#### 【0306】

また、ストッパ層3に用いる材料もTiを主成分とする金属材料に限定されない。第1ノズル層1および第2ノズル層2のエッチング工程および後述する犠牲層5のエッチング工程の際、これらのエッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、エッチングガス（酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ等）、または、エッチャント（硝酸、水酸化カリウム水溶液等）に対する耐

性の高い材料であればよい。

#### 【0307】

具体的には、Ti、Al、Cu、Co、Fe、Ni、Au、Pt、Ta、W、Nb等を主成分とする金属材料、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を主成分とする無機酸化物材料、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN等を主成分とする無機窒化物材料等が挙げられる。

#### 【0308】

また、第2ノズル層2に用いられる材料もポリイミドに限定されない。第1ノズル層1と同様に、ポリイミド以外的高分子有機材料であっても良いし、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といったSi化合物材料、あるいはSiであっても良い。

#### 【0309】

また、吐出層14の形状も吐出口11cの形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。

#### 【0310】

また、図11(a)に示すように、本実施の形態では1個の吐出層14に対して1個の吐出口11cが形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれば、1個の吐出層14に複数個の吐出口11cを形成しても良い。

#### 【0311】

また、ストッパ層3の形状もノズル穴11の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図11(a)に示すように、本実施の形態では1個のストッパ層3に対して1個のノズル穴11(第1ノズル穴部11d)が形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれば、1個のストッパ層3に複数個のノズル穴11(第1ノズル穴部11d)を形成しても良い。

#### 【0312】

また、本実施の形態では、図11(b)に示すように、吐出口11cの口径が第1ノズル穴部11dの口径よりも、わずかに小さく設定したが、これに限定さ

れず、本発明の目的から考えると、吐出口 11c と第 1 ノズル穴部 11d の口径が同一であってもよい。

### 【0313】

また、本実施の形態では、図 11 (b) に示すように、第 1 ノズル穴部 11d と第 2 ノズル穴 11b の連通部 11x の口径は、第 2 ノズル穴 11b の上底 11y の口径より小さいがこれに限定されない。

### 【0314】

上記連通部 11x の口径が上記当接部 11y の口径と同じであっても構わない。また、本実施の形態では、第 2 ノズル穴 11b は、第 1 ノズル穴 11a (第 1 ノズル穴部 11d) との連通部 11x が狭まった円錐台形状 (テーパ形状) であるがこれに限定されない。例えば、図 12 に示すように、第 2 ノズル穴 11b の側壁がストッパ層 3 と垂直の、いわゆるストレート形状 (円筒形状) に形成することもできる。この場合、第 2 ノズル穴 11b の液体流入口 12 をより小さくすることができ、ノズル 11 の集積度をさらに高めることができる。さらに、第 2 ノズル穴 11b を、図 8 (c) に示すような膨らみのあるテーパ形状としてもよい。

### 【0315】

以上のように、ノズルプレート 8 を吐出層 14、第 1 ノズル層 1、ストッパ層 3、第 2 ノズル層 2 を備える構成にすることによって、

- ①吐出口 11c の形状を、厚さ  $0.5 \mu\text{m}$  の吐出層 14 の加工精度が支配するため、吐出口 11c の形状精度を向上することができる。
- ②吐出層 14 が、撥液膜 4 のエッチング手段に対して耐性の高い材料を使用しているため、吐出口 11c 内部に回りこんだ撥液膜 4 を除去する際、吐出口 11c の形状が変化することがなく、製造工程における吐出口 11c の加工精度劣化を防止することができる。
- ③吐出層 14 に接して第 1 ノズル層 1 を配置することによって、薄層である吐出層 14 の剛性を第 1 ノズル層 1 で保持することができるので、液状物質の吐出に際して吐出口 11c の変形を最小限に抑えることができ、吐出安定性が向上する。

- ④ノズルプレート 8 の剛性は第 2 ノズル層 2 で維持できるため、ノズルプレート 8 全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。
- ⑤ストッパ層 3 の形状を必要最小限に設定することができるので、応力によるノズルプレート 8 の反りを低減することができる。
- ⑥ノズルプレート 8 の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート 8 の液体流入口 12 を小さくすることができ、これによってノズル穴 11 の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。
- ⑦膜厚の厚い第 2 ノズル層 2 によって補強されているためノズルプレート 8 全体の剛性が高く反りが発生しにくくなるとともに取り扱いが容易になる。
- ⑧膜厚の厚い第 2 ノズル層 2 に加工された第 2 ノズル穴 11 b の加工精度がたとえ悪くとも、第 2 ノズル穴 11 b の加工時にはストッパ層 3 でエッチングが止まるため、吐出される液状物質の大きさを制御する吐出口 11 c に影響を及ぼすことがない。

#### 【0316】

(ノズルプレートの製造方法)

次に、本実施の形態にかかるノズルプレートの一製造方法を説明する。図 13 (a) ~ (g) は本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を説明する図である。また、図 14 は、図 13 (c) に示される工程の変形例である。

#### 【0317】

まず、Si やガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板 6 に、犠牲層 5 を、Ni を用いた湿式鍍金によって形成する (図 13 (a) 参照)。犠牲層 5 の厚さは  $10\mu\text{m}$  とする。

#### 【0318】

次に、上記犠牲層 5 上に厚さ  $0.5\mu\text{m}$  の Ti 膜を蒸着などの方法で成膜し、フォトリソグラフィを用いて 1 辺  $7\mu\text{m}$  の略正方形形状である吐出層 14 の外形形状と、口径  $2\mu\text{m}$  である円形の吐出口 11 c の形状のレジストパターンを形成する。しかる後に、ドライエッチング法を用いて吐出層 14 の外形形状と吐出口 11 c となる開口部 11 c1 を同時に加工する (吐出層形成工程)。

## 【0319】

上記した、吐出層14の外形形状および開口部11c<sub>1</sub>の加工には、CF<sub>4</sub>と酸素の混合ガスを含有するプラズマを用いたドライエッチングを採用した。このエッチング手法においては、Ti膜を高速に、精度良く加工することができるとともに、犠牲層5を構成するNiとのエッチング選択性が高いので（Niはほとんどエッチングされない）、上記加工によって犠牲層5が大きな損傷を受けることなく犠牲層5表面の平坦性が大幅に劣化することを防止できる。

## 【0320】

この結果、犠牲層5表面に形成されるノズルプレート8の液状物質吐出面の平坦性が劣化することがない。また、上記加工は非常に高い精度が要求されるため、異方性の高いエッチング条件を用いている。

## 【0321】

次に、上記犠牲層5の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ1μmで成膜し、第1ノズル層1を形成する（第1ノズル層形成工程、図13（b））。

## 【0322】

ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は犠牲層5上にスピコートによって塗布し、350℃で2時間焼成した。ここで、吐出層14に形成された吐出口11cとなる開口部11c<sub>1</sub>はポリイミド樹脂にて埋められる（11c<sub>2</sub>参照）。

## 【0323】

次に、上記第1ノズル層1上に、開口部11d<sub>1</sub>を有するストッパ層3を形成する（遮蔽層形成工程、図13（c））。

## 【0324】

ここでは、まず、Tiを主成分とする材料を用い、スパッタ法にて厚さ0.5μm（5000Å）のストッパ層3を形成する。そして、このストッパ層3を、フォトリソグラフィにより所定の形状のレジストパターンを形成した後、イオンミリングのようなArイオンによるドライエッチングによって一辺20μmの略正方形形状に加工する。このドライエッチングの際に、上記略正方形の内部に口径3μmの開口部11d<sub>1</sub>（第2開口部）を1個形成する。この開口部11d<sub>1</sub>は後述する第1ノズル穴11a（第1ノズル穴部11d）の形成パターンであり、

第1ノズル穴部11dの一部となる。

【0325】

次に、第2ノズル層2を上記第1ノズル層1およびストッパ層3上に、 $20\mu\text{m}$ の厚さで形成する（第2ノズル穴形成工程、図13（d））。

【0326】

第2ノズル層2は、第1ノズル層1と同様に塗布型ポリイミド樹脂をスピコート法にて塗布し、 $350^{\circ}\text{C}$ で2時間焼成し $20\mu\text{m}$ の厚さとした。これにより、ストッパ層3の開口部11d<sub>1</sub>もポリイミド樹脂にて埋められることになる（11d<sub>2</sub>参照）。

【0327】

次に、上記第2ノズル層2上にフォトリソグラフィによってレジストパターン7を形成し、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングを行い、第2ノズル層2にテーパ形状（円錐台形状）の第2ノズル穴11bを形成する（第2ノズル穴形成工程、図13（e））。

【0328】

なお、上記ドライエッチングはストッパ層3で止めることができる。すなわち、ストッパ層3の上記開口部11d<sub>1</sub>を除いてストッパ層3が露出した部位では、ドライエッチングがそれ以上進行しない。

【0329】

第2ノズル穴11bのテーパ形状の加工に際しては、上記エッチングにおいて、レジストパターン7のエッチレートと第2ノズル層2のポリイミド樹脂のエッチレートを概ね等しくし、該レジストパターン7を $150^{\circ}\text{C}$ で60分ポストベークすることによってレジストパターン7をテーパ形状とし、エッチングによってこの形状を第2ノズル層2に転写する手法を用いた。

【0330】

すなわち、図9に示すように、エッチレートがポリイミド樹脂（第2ノズル層2）と概ね等しくテーパ断面を有するレジストパターン7を形成し、ポリイミド樹脂のエッチングと同じスピードでレジストパターン7をエッチングし、レジストパターン7のエッジを広げる。このときポリイミド樹脂（第2ノズル層2）も

エッチングされることになり、エッチングの壁面（第2ノズル穴11bの壁面）が当初レジストで形成したテーパーを有する壁面（レジストパターン7）と同じ形状になる。

#### 【0331】

なお、レジストパターン7と第2ノズル層2のエッチレートとが概ね等しいことから、レジストパターン7の厚さは第2ノズル層2の厚さより厚く形成することが望ましい。

#### 【0332】

次に、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、第1ノズル層1に第1ノズル穴11a（第1ノズル穴部11dおよび吐出口11c）を加工するエッチングを行う（第1ノズル穴部形成工程、第1除去工程、図13（e）参照）。

#### 【0333】

このとき、第1ノズル穴11aは、第1ノズル穴部11dが先の工程で加工したストッパ層3の開口部11d<sub>1</sub>によって決定される形状（略円形であり、口径が3 $\mu$ m）に加工され、吐出口11cが吐出層14に形成されたパターン（開口部11c<sub>1</sub>）と同一形状に加工される（すなわち、吐出層14の開口部11c<sub>1</sub>に存在する第1ノズル層1の材料（11c<sub>2</sub>参照）がエッチング除去される）。

#### 【0334】

ここで、ストッパ層3および吐出層14は当該工程の酸素を主成分とするドライエッチングではほとんどエッチングされない。

#### 【0335】

したがって、第1ノズル層1はストッパ層3の開口部11d<sub>1</sub>とほぼ同一口径に（ストッパ層3に対してほぼ垂直に）エッチングされ、吐出層14の吐出口11cを除く部位が露出した時点で該ドライエッチングが停止し、第1ノズル穴部11dが形成される。これに続いて、吐出層14の開口部11c<sub>1</sub>に存在する第1ノズル層1の材料（11c<sub>2</sub>参照）がエッチング除去され、吐出口11cが形成される。

#### 【0336】

次に、上記レジストパターン7をレジスト剥離液を用いて除去し、硝酸と水が

主成分である水溶液に浸漬し犠牲層 5 のみをエッチングすることで、ノズルプレート 8 を基板 6 からとりはずす (図 13 (f))。

#### 【0337】

先に述べたように、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 を形成するポリイミド樹脂や、ストッパ層 3 あるいは吐出層 14 を形成する Ti は、上記犠牲層 5 のエッチング液によってほとんどエッチングされることがないので、犠牲層 5 のエッチングによって、形状の変化や構造的信頼性の低下を招来することがない。

#### 【0338】

次に、第 1 ノズル層 1 の表面に撥液膜 4 を形成する (図 13 (g))。

#### 【0339】

ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨でフッ素重合体を用い、これをスタンプなどの方法により第 1 ノズル層 1 の表面に塗布し、高分子膜にて撥液膜 4 を形成した。なお、第 1 ノズル穴 11a 内に回り込んだ撥液膜 4 については、撥液膜 4 形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第 2 ノズル穴 11b 側からドライエッチングすることで、これを除去した。これにより、ノズルプレート 8 のダメージを最小限にすることができる。その詳細を以下に説明する。

#### 【0340】

図 17 (a) ~ (c) は上記撥液膜 4 の回り込みを除去する際のドライエッチングプロセスを模式的に説明する図であり、第 1 ノズル穴 11a および吐出層 14 に形成した吐出口 11c の拡大図である。

#### 【0341】

すなわち、ノズルプレート 8 の液状物質吐出面側に撥液膜 4 を塗布焼成すると、図 17 (a) に示すように、撥液膜 4 の回り込みが第 1 ノズル穴 11a (吐出口 11c および第 1 ノズル穴部 11d) の内壁面に付着する。このような回り込んだ撥液膜 4 は第 1 ノズル穴 11a (特に吐出口 11c) の形状精度を劣化させる大きな要因となるため除去する必要がある。

#### 【0342】

本実施の形態では、このように回り込んだ撥液膜 4 を、酸素含有のプラズマを用いたドライエッチングでエッチング除去するが、このとき第 1 ノズル層 1 にポ

リイミド樹脂などの有機材料を使用していると、図17(b)に示すように、遮蔽層3の下に形成した第1ノズル層1にサイドエッチが生じ、遮蔽層3の下にアンダーカットが生じてしまう。

#### 【0343】

このとき、図17(c)に示すように吐出層14がない場合には、上記アンダーカットは液状物質吐出面まで到達し、結果として液状物質の吐出口11eの形状を変形させてしまう(点線が本来の形状)。

#### 【0344】

しかし、本実施の形態においては、酸素含有のプラズマを用いたドライエッチングに対して高い耐性を有する吐出層14が撥液膜4と接するように形成されており、この吐出層14が吐出口11cの形状を決定しているため、上記ドライエッチングによって吐出口11cの形状が変化する(図17(c)参照)ことがない。この結果、非常に高精度のノズル穴11(第1ノズル穴11a)を形成することができる。

#### 【0345】

なお、本実施の形態の工程を用いて作成した200個の吐出口11cを有するノズルプレート8の各吐出口11cの形状を評価したところ、ばらつきは $\pm 0.15\mu\text{m}$ と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート8の反りも $10\mu\text{m}$ 以下と非常に平坦であった。

#### 【0346】

本実施の形態によれば、吐出口11c(開口部11c1)を、厚さ $0.5\mu\text{m}$ の吐出層14に加工するため、吐出口11cを高精度に形成できる。

#### 【0347】

また、第1ノズル層1をエッチングして吐出口11cを形成する際、吐出層14は吐出口11cの形状を画するエッチングストッパとして機能し、エッチングの進行によって吐出口11cの側壁が露出した時点で確実に該エッチングが停止し、吐出口11cが形成される。

#### 【0348】

この結果、吐出口11cの形状精度は、第1ノズル層1自体に吐出口11cを

形成した場合（吐出口 11c の形状を画するエッチングストッパが第 1 ノズル層 1 にない場合）に比較して、飛躍的に向上する。

【0349】

また、第 1 ノズル穴部 11d をエッチングする際、ストッパ層 3 をマスク（遮蔽層）として、第 1 ノズル層 1 をエッチングするため、第 1 ノズル穴部 11d を高精度に形成できる。

【0350】

また、第 2 ノズル層 2 をエッチングする際、ストッパ層 3 で自動的にエッチングが止まり、第 2 ノズル穴 11b のエッチング深さを規定することができる。

【0351】

また、ストッパ層 3 の材料に、第 1 ノズル穴部 11d のエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第 1 ノズル穴部 11d の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第 1 ノズル穴部 11d をより高精度に形成することができる。また、第 1 ノズル層 1 あるいは第 2 ノズル層 2 を薄く形成できるため、第 1 ノズル穴部 11d および第 2 ノズル穴 11b のエッチングの際、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング量が少なくすみ、形成誤差が小さくなる。したがって、ノズル穴 11 を高い精度で形成できる。

【0352】

さらに、第 1 ノズル穴 11a および第 2 ノズル穴 11b をエッチングする際、ストッパ層 3 に対して 1 方向からエッチングを行うため、向かい合うように 2 方向からエッチングを行う場合に比較して、第 1 ノズル穴 11a と第 2 ノズル穴 11b の位置あわせが容易である。

【0353】

さらに、第 1 ノズル穴部 11d および第 2 ノズル穴 11b の形成工程（第 1 ノズル穴部形成工程、第 2 ノズル穴形成工程）において、第 1 ノズル穴部形成工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第 1 ノズル穴部形成工程および第 2 ノズル穴形成工程のエッチングを行うことができる。これにより、製造プロセスを簡略化できる。

【0354】

なお、本実施の形態では、犠牲層 5 として Ni、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 としてポリイミド樹脂、ストッパ層 3 として Ti を用いたが、この組み合わせに限定されない。

#### 【0355】

犠牲層 5 には、Ni のほかに、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2、ストッパ層 3 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいは KOH 水溶液に可溶な材料、またはポリイミドのような酸素プラズマによってエッチングできる材料を用いることができる。また、犠牲層 5 の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

#### 【0356】

第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 には、犠牲層 5 のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。また、吐出層 14、ストッパ層 3 には、犠牲層 5 のエッチング並びに第 1 および第 2 ノズル穴 11a・11b のエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

#### 【0357】

ここで、表 3 に、使用材料（犠牲層、吐出層、第 1 ノズル層、ストッパ層、第 2 ノズル層）および加工方法（吐出層、ストッパ層、第 1 ノズル穴、第 2 ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

#### 【0358】

【表 3】

層構成					加工方法				
犠牲層	吐出層	第1ノズル層	ストッパ層	第2ノズル層	吐出層の加工方法	ストッパ層の加工方法	第1ノズル穴の加工方法	第2ノズル穴の加工方法	犠牲層除去
Ni, Al, Cu	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	CF <sub>4</sub> or Ar	Arドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	Ti, W, Nb, Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Ar	Arドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Ar	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Ar	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	硝酸
ポリイミド	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Ar or Cl	ArドライエッチまたはClドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> プラズマエッチ

## 【0359】

表3に示すように、第1ノズル層1、第2ノズル層2はポリイミド樹脂のような高分子有機材料に限定されず、SiまたはSiO<sub>2</sub>などの無機シリコン化合物を選択することができる。

## 【0360】

ただし、SiO<sub>2</sub>やSiをドライエッチングするためには、Fを含有する反応ガスを使用する必要がある、このエッチングに対して本実施の形態で用いたTiは耐性が低いため、Au、Ptなどのエッチング耐性を有する材料を吐出層14あるいはストッパ層3として利用することが望ましい。

## 【0361】

また、上記SiO<sub>2</sub>やSiなどのシリコン化合物は上述した回り込んだ撥液膜4

を除去するエッチング手段に対して高い耐性を有しているため、第1ノズル穴11aの形状変化を防止でき、吐出口11cの形状安定性がさらに向上する。

#### 【0362】

また、吐出層14あるいはストッパ層3にも、Ti以外に、表1に示す組み合わせに応じて、同表に記載の材料を使用することができる。なお、ストッパ層3の材料であるTiは、ストッパ層3のパターニングの際、CF<sub>4</sub>と酸素の混合ガスを用いたプラズマでもエッチングすることができる。しかし、Tiの下に形成された第1ノズル層1（ポリイミド）が、上記混合ガスのプラズマによってTiよりも高速にエッチングされ、大きなダメージを受ける。したがって、本実施の形態ではストッパ層3のパターニングにはArイオンによるドライエッチング法を採用している。

#### 【0363】

このように、ストッパ層3のエッチレートと第1ノズル層1のエッチレートとの差が少ないArイオンによるドライエッチング法を採用することで、第1ノズル層1のダメージを最小限に抑えつつストッパ層3をパターニングすることができる。

#### 【0364】

また、上記工程においては、吐出層14（吐出層形成工程にて）あるいはストッパ層3（遮蔽層形成工程にて）を正方形形状に形成したがこれに限定されない。第1ノズル穴11a（第1ノズル穴部11d）あるいは第2ノズル穴11bを形成する際、該第1ノズル穴11a（第1ノズル穴部11d）あるいは第2ノズル穴11bがそれぞれ吐出層14またはストッパ層3に到達し、エッチングの進行が止まるような形状および大きさであれば何でもよい。ただし、吐出層14あるいはストッパ層3の応力によるノズルプレート8の反りをより低減できるような形状および大きさ、すなわち必要最小限の大きさであることが望ましい。

#### 【0365】

さらに、遮蔽層形成工程においては、ストッパ層3の形状と第1ノズル穴部11dの形成パターンとなる開口部11d<sub>1</sub>を同時に作成したが、2回のエッチング工程（ストッパ層3の形状を形成するためのエッチングおよび開口部11d<sub>1</sub>

を形成するエッチング)によって作成することも可能である。

#### 【0366】

さらに、遮蔽層形成工程において第1ノズル穴部11dの加工パターン(ストップパ層3の開口部11d<sub>1</sub>)を作成する際、図14に示すように、第1ノズル穴部11dを加工することもできる。ただしこの場合は、第2ノズル層2を形成する際に、先に加工した第1ノズル穴部11dが第2ノズル層2の形成材料によって埋められてしまうため、第1ノズル穴部形成工程において、当該部位を再度加工する。

#### 【0367】

また、第2ノズル穴形成工程においては、第2ノズル穴11bを加工する際のマスク材とエッチング条件を適正化し、図8(a)～(c)に示すように、側壁に膨らみ(曲面)をもった第2ノズル穴11bを形成することもできる。

#### 【0368】

すなわち、同図(a)～(c)に示すように、第2ノズル層2上に酸素のプラズマエッチに対する耐性の高いSiO<sub>2</sub>などをマスク13として形成し(図8(a)参照)、酸素のプラズマエッチを高いガス圧たとえば500mTorrでエッチングする(図8(b)参照)。これにより、マスク13の下にも、アンダーカットが生じ、ふくらみのあるテーパを形成することができる(図8(c)参照)。

#### 【0369】

ただし、上記エッチングがオーバーエッチングになると、第2ノズル穴11bとストップパ層3の接触部において第2ノズル穴11bの口径dが広がり、大面積のストップパ層3が必要となるため、上記エッチングを適性に制御することが好ましい。

#### 【0370】

また、撥液膜4としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC(ダイヤモンドライクカーボン)などを用いることもできる。

#### 【0371】

以上の製造工程のように、吐出口11cを第1ノズル層1(および撥液膜4)

よりエッチングに対する耐性が高い吐出層 14 に形成することによって、

①吐出層 14 をエッチングストッパとして、その開口部 11c<sub>1</sub>と略同一形状（口径）の滴吐出口 11c を形成でき、飛躍的に形状精度の高い吐出口 11c を有するノズルプレート 8 を製造することができる。

#### 【0372】

②さらに、ノズルプレート 8 の製造工程の最終段階における、第 1 ノズル穴 11a 内に回りこんだ撥液膜 4 のエッチング除去において、吐出口 11c の形状変化が生じないため、安定して形状精度の高いノズルプレート 8 を製造することができる。

#### 【0373】

なお、本実施の形態においては、第 1 ノズル層 1 の液状物質供給側に第 2 ノズル層 2 を形成する構成を説明したが、これに限定されない。例えば、図 18 に示すように、第 1 ノズル層 1 に第 2 ノズル穴 11b を有する補強板 20 を接合した構成であってもよい。すなわち、液状物質吐出側に撥液膜 4 が形成され、該撥液膜 4 と接するように第 1 ノズル穴部 11d を有する第 1 ノズル層 1 が形成され、吐出口 11c を有する吐出層 14 が第 1 ノズル層 1 内にて局所的に形成され、この吐出層 14 の撥液膜 4 側の面と第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 側の面とが面一状であり、さらに第 1 ノズル層 1 には、この片面と接する局所的なストッパ層 3 が形成されるとともに第 2 ノズル穴 11b を有する補強板 20 が接合され、上記吐出口 11c と第 1 ノズル穴部 11d と第 2 ノズル穴 11b とが連通している構成であってもよい。

#### 【0374】

##### 〔実施の形態 4〕

本発明の実施の形態 4 について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

#### 【0375】

##### （ノズルプレート）

図 15 (a) は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図 15 (b) は、図 15 (a) の B-B' 矢視断面図で

ある。ノズルプレート 8 には 1 個以上の液状物質の吐出口（開口部または第 1 開口部）（以下、吐出口と称する）11c が形成されており、図 15（a）においては 2 個の吐出口 11c が示されている。

#### 【0376】

図 15（a）（b）に示すように、ノズルプレート 8 の液状物質吐出側には撥液膜 4 を有する第 1 ノズル層 1、液状物質供給側には第 2 ノズル層 2 が形成され、この第 1 ノズル層 1 内に吐出層 14 が形成され、これら（撥液膜 4、吐出層 14、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2）を貫くようにノズル穴 11 が形成されている。

#### 【0377】

より具体的には、ノズルプレート 8 の液状物質吐出面には撥液膜 4 が形成され、撥液膜 4 と接するように第 1 ノズル層 1 が形成されている。吐出層 14 は第 1 ノズル 1 層内にて局所的に形成され、さらに第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 側の面と吐出層 14 の撥液膜 4 側の面とが面一状に形成されている。第 2 ノズル層 2 は、その片面が第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 形成面の反対側の面に接するように形成されている。

#### 【0378】

また、撥液膜 4、吐出層 14、第 1 ノズル層 1、および第 2 ノズル層 2 を貫通するノズル穴 11 は、撥液膜 4、吐出層 14、および第 1 ノズル層 1 の貫通部である第 1 ノズル穴 11a と、第 2 ノズル層 2 の貫通部である第 2 ノズル穴 11b から構成される。さらに第 1 ノズル穴 11a は、撥液膜 4 および吐出層 14 の貫通部である吐出口 11c と、第 1 ノズル層 1 の貫通部である第 1 ノズル穴部 11d からなる。

#### 【0379】

換言すれば、吐出層 14 は、第 1 ノズル層 1 内にて、撥液膜 4 と第 1 ノズル層 1 との界面に位置し、撥液膜 4 に接するとともに、吐出口 11c の形成位置に局所的に形成されていることになる。

#### 【0380】

そして、ノズルプレート 8 の裏面（撥液膜 4 形成面の反対側の面）に形成され

た第2ノズル穴11bの開口部から供給された液状物質が第2ノズル穴11bおよび第1ノズル穴部11dを介して吐出口11cから液状物質として吐出される。

#### 【0381】

ここで、吐出口11cおよび第1ノズル穴部11dは、図15(a)に示すように、ともに円筒形状を有しており、第2ノズル穴11bは、第1ノズル穴部11dとの連通部から裾広がりには拡開するテーパ形状（円錐台形状）である。

#### 【0382】

さらに、円筒形状の第1ノズル穴部11dの上底11 $\alpha$ は、略吐出口11cを中心とする円環形状であり、吐出層14が当該上底11 $\alpha$ を成して露出している。

#### 【0383】

ここで、吐出層14は、Ptを主成分とする金属材料が用いられ、ノズルプレート8全体の応力を低減するために、厚さ0.5 $\mu$ m、一辺10 $\mu$ mの略正方形形状に形成されている。

#### 【0384】

また、本実施の形態の第1ノズル層1は、厚さが2 $\mu$ mのSiO<sub>2</sub>膜で形成され、第2ノズル層2は、ポリイミド樹脂を主成分とする有機材料からなり、厚さ20 $\mu$ mに形成されている。

#### 【0385】

吐出口11cの口径は3 $\mu$ mとなっており、第1ノズル穴部11dとの連通部まで膜面に対して垂直に加工されている。また、第1ノズル穴部11dは吐出口11cとの連通部において4 $\mu$ mの口径に加工されており、第2ノズル穴11bとの連通部まで、膜面に対して略垂直に加工されている。また第2ノズル穴11bは第1ノズル穴部11dとの連通部において10 $\mu$ mの口径に加工されており、裾広がりには拡開するテーパ形状（円錐台形状）であり、第2ノズル層2を貫通して撥液膜4の反対側の開口部12において開口している。

#### 【0386】

撥液膜4は、厚さが0.05 $\mu$ mのフッ素重合体を有する高分子材料から形成

されている。

#### 【0387】

本実施の形態によれば、吐出層 14 は第 1 ノズル穴部 11 d のエッチング手段に対して高い耐性を有しているため、上記第 1 ノズル穴部 11 d のエッチングによって吐出口 11 c の形状が変形することを防止できる。

#### 【0388】

また着弾精度に大きな影響を与えるノズルプレート 8 の吐出口 11 c の形状が、上記  $0.5\mu\text{m}$  の Pt 膜の加工精度で決定されるので、吐出口 11 c の加工精度が非常に高く、これに伴って非常に高い着弾精度を確保することができる。

#### 【0389】

なお、吐出層 14 の膜厚を減少させると吐出口 11 c の加工精度を高めることができる反面、吐出層 14 の剛性が低下し、吐出口 11 c の構造的な信頼性が減少する。しかしながら、本実施の形態では、吐出層 14 に接するように第 1 ノズル層 1 が形成されているため、これによって吐出層 14 が補強され、吐出層 14 の構造的信頼性を低下させることなく吐出口 11 c の形状精度を向上させることが可能となっている。

#### 【0390】

また、第 1 ノズル層 1 は第 2 ノズル穴 11 b のエッチング手段に対して、高い耐性を有しているので、第 2 ノズル穴 11 b の加工によって第 1 ノズル穴部 11 d の形状が大幅に変形することがないとともに、第 2 ノズル穴 11 b 加工時のオーバーエッチによって、第 1 ノズル層 1 が完全に除去されることがない。

#### 【0391】

なお、吐出層 14 に用いる材料も Pt を主成分とする金属材料に限定されない。第 1 ノズル穴 11 a のエッチング、第 2 ノズル穴 11 b のエッチング、犠牲層 5 のエッチング（後述）、および吐出口 11 c 内に回り込んだ撥液膜 4 のエッチング（後述）の際、当該エッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、フッ素を含有するプラズマ、酸素を含有するプラズマ、硝酸、水酸化カリウム水溶液等に耐性の高い材料であればよく、犠牲層 5 のエッチング、第 1 ノズル穴 11 a の加工手法、および第 2 ノズル穴 11 b の加工手法との組み合わせによって

選択することができる。

#### 【0392】

具体的には、吐出層 14 に用いる材料として、Al、Au、Pt、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、SiO<sub>2</sub>等を主成分とする金属材料あるいは無機酸化物材料や無機窒化物材料等が挙げられる。

#### 【0393】

また、第 1 ノズル層 1 に用いられる材料は SiO<sub>2</sub>に限定されない。SiO<sub>2</sub>以外の Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といった Si 化合物材料、あるいは Si であっても良い。また、吐出層 14、第 2 ノズル層 2 との組み合わせに応じて Al を主成分とする材料を使用することができる。

#### 【0394】

また、第 2 ノズル層 2 に用いられる材料もポリイミドに限定されず、酸素ガスを含有するプラズマを用いたドライエッチングによって良好に加工される材料であれば使用可能であり、たとえばポリイミド以外の有機樹脂であっても良い。

#### 【0395】

また吐出層 14 の形状も吐出口 11c の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図 15 (a) に示すように、本実施の形態では 1 個の吐出層 14 に対して 1 個の吐出口 11c 形成されているがこれに限定されない。1 個の吐出層 14 に複数個の吐出口 11c を形成しても良い。

#### 【0396】

また、本実施の形態では、第 2 ノズル穴 11b は、第 1 ノズル穴部 11d との連通部 11x が狭まった円錐台形状（テーパ形状）であるがこれに限定されない。例えば、第 2 ノズル穴 11b の側壁がノズルプレート 8 表面に対して垂直の、いわゆるストレート形状（円筒形状）に形成することもできる。この場合、第 2 ノズル穴 11b の液体流入口 12 をより小さくすることができ、ノズルの集積度をさらに高めることができる。

#### 【0397】

上記のように、ノズルプレート 8 を第 1 ノズル層 1 のエッチング剤に対して耐性の高い吐出層 14、第 2 ノズル層 2 のエッチング剤に対して耐性の高い第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 を備える構成にすることによって、

- ①吐出口 11c の形状を、厚さ  $0.5\mu\text{m}$  の吐出層 14 の加工精度が支配するため、吐出口 11c の形状精度を向上することができる。
- ②ストッパ層を形成しないので、プロセスを簡略化することができるとともに、ストッパ層に起因する応力を低減することができるので、応力によるノズルプレート 8 の反りを制御しやすくなる。
- ③ノズルプレート 8 の剛性は第 2 ノズル層 2 で維持できるため、ノズルプレート 8 全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。
- ④吐出層 14 が、撥液膜 4 のエッチング手段に対して耐性の高い材料を使用しているため、第 1 ノズル穴 11a 内に回り込んだ撥液膜 4 を除去する際、吐出口 11c の形状が変化することがなく、製造工程において吐出口 11c の加工精度が劣化することを防止できる。

#### 【0398】

(ノズルプレートの製造方法)

図 16 (a) ~ (g) は、本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を示している。以下に、同図 (a) ~ (g) を用いて本実施の形態にかかるノズルプレートの製造方法を説明する。

#### 【0399】

まず、Si やガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板 6 に、犠牲層 5 を、Ni を用いた湿式鍍金によって形成する。犠牲層 5 の厚さは  $10\mu\text{m}$  とする。

#### 【0400】

次に、上記犠牲層 5 上に厚さ  $0.5\mu\text{m}$  の Pt 膜を蒸着などの方法で成膜し、フォトリソグラフィを用いて吐出層 14 の外形形状と吐出口 11c の形状のレジストパターンを形成する。しかる後に、ドライエッチング法を用いて上記吐出層 14 の外形形状と吐出口 11c となる開口部 11c<sub>1</sub> を同時に加工する (吐出層形成工程、図 16 (a))。

## 【0401】

上記 Pt 膜は化学的に比較的不活性な材料であるため、本実施の形態においては上記ドライエッチングは Ar を用いたスパッタエッチングを用い、物理的な加工が支配的な方法によって加工した。また、本加工は非常に高い精度で行うため、異方性の高いエッチング条件を用いている。

## 【0402】

次に、上記犠牲層 5 あるいは吐出層 14 上に SiO<sub>2</sub> 膜からなる第 1 ノズル層 1 を P-CVD 法によって成膜する（第 1 ノズル層形成工程、図 16（b））。

## 【0403】

この P-CVD 法によると、成膜する SiO<sub>2</sub> 膜の有する応力を、成膜に用いるガスの組成、ガス圧、プラズマを発生するための RF パワーによって制御することができるとともに、段差部のつき周りが良好であるため、上記吐出層 14 の段差部においてクラックなどが発生することがない。したがって、いわば膜としての構造的な信頼性が高く、このため、ノズルプレート 8 全体の構造的な信頼性が高くなる。

## 【0404】

次に、上記第 1 ノズル層 1 上にフォトリソグラフィによってレジストパターンを作成し、フッ素ガスを含む反応性イオンエッチング（RIE）によって、第 1 ノズル穴部 11 d となる開口部 11 d<sub>1</sub> および吐出口 11 c となる開口部 11 c<sub>1</sub> を加工する（第 1 ノズル穴部形成工程、第 1 除去工程、図 16（c））。

## 【0405】

ここで、第 1 ノズル穴部 11 d のエッチングが吐出層 14 にて停止するよう、開口部 11 d<sub>1</sub> の形状は、開口部 11 c<sub>1</sub> よりも大きく（かつ吐出層 14 の外形より小さく）加工する。

## 【0406】

当該エッチング方法では、プラズマによって活性化されたフッ素が選択的に Si 原子と反応するため、SiO<sub>2</sub> のエッチング速度が非常に高い。これに対して、上述したように Pt は化学的に安定な材料であるため、前記活性化されたフッ素とはほとんど反応しない。このため Pt のエッチング速度が遅く、これによっ

て、本エッチングは吐出層 14 と第 1 ノズル層 1 の界面で精度よく止めることができる。

#### 【0407】

次に上記第 1 ノズル層 1 の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ  $20\mu\text{m}$  で成膜し、第 2 ノズル層 2 を形成する（第 2 ノズル層形成工程、図 16 (d)）。

#### 【0408】

ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は第 1 ノズル層 1 上にスピンコートによって塗布し、 $350^{\circ}\text{C}$  で 2 時間焼成した。ここで、開口部 11d<sub>1</sub> および開口部 11c<sub>1</sub> はポリイミド樹脂にて埋められることになる（11c<sub>2</sub>、11d<sub>2</sub> 参照）。

#### 【0409】

次に、上記第 2 ノズル層 2 上にフォトリソグラフィによってレジストパターン 7 を形成する（図 16 (e)）。

#### 【0410】

次いで、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングを行い、第 2 ノズル層 2 にテーパ形状（円錐台形状）の第 2 ノズル穴 11b を形成し（第 2 ノズル穴形成工程、図 16 (f)）、続いて、第 1 ノズル層 1 に第 1 ノズル穴部 11d を加工するエッチングおよび、吐出層 14 に吐出口 11c を加工するエッチングを行う（第 1 ノズル穴部形成工程、第 1 除去工程、図 16 (f) 参照）。

#### 【0411】

なお、本実施の形態では、第 1 ノズル穴部 11d および吐出口 11c を連続して形成し、吐出層 14 でエッチングを止めた（吐出層 14 の吐出口 11c を除いて吐出層 14 が露出した時点でドライエッチングは停止する）がこれに限定されない。上記エッチングを意図的に第 1 ノズル層 1 で止め、吐出口 11c の形成（第 1 ノズル層 1 で埋められた部分 11c<sub>2</sub> のエッチング）を別工程（別の方法あるいは条件）でエッチングすることも可能である。

#### 【0412】

なお、第 2 ノズル穴 11b をテーパ形状に加工する工程については、上記実施の形態と同様であるため説明を省略する。

#### 【0413】

このとき第1ノズル穴11aは、先の工程でポリイミド樹脂によって埋められた形状が、ポリイミド樹脂が除去されることによって再現される。吐出口11cについても、吐出層14の開口部11c<sub>1</sub>を埋める第2ノズル層2の材料(11c<sub>2</sub>参照)が除去され、先の工程でポリイミド樹脂によって埋められる前の形状11c<sub>1</sub>が再現される。

#### 【0414】

次に、上記レジストパターン7をレジスト剥離液を用いて除去する。

#### 【0415】

次いで、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層5のみをエッチングすることで、ノズルプレート8となるべき積層体を基板6からとりはずす(図16(f))。

#### 【0416】

先に述べたように、第1ノズル層1を形成するSiO<sub>2</sub>、第2ノズル層2を形成するポリイミド樹脂や吐出層14を形成するPtは、上記犠牲層5のエッチング液によってほとんどエッチングされることがないため、犠牲層5のエッチングによって、ノズル穴11の形状変化やノズルプレート8の構造的信頼性の低下を招来することがない。

#### 【0417】

次に、第1ノズル層1の表面に撥液膜4を形成する(図16(g)参照)。

#### 【0418】

ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨でフッ素重合体を用い、これをスタンブなどの方法により第1ノズル層1の表面に塗布し、高分子膜にて撥液膜4を形成した。なお、第1ノズル穴11a内に回り込んだ撥液膜4については、撥液膜4形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第2ノズル穴11b側からドライエッチングすることで、これを除去し、ノズルプレート8が完成した。これにより、ノズルプレート8のダメージを最小限にすることができる。

#### 【0419】

本実施の形態では、第1ノズル穴11a内に回り込んだ撥液膜4を酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチングでエッチング除去する。ここで、本実施

の形態においては、上述したように液状物質吐出面に酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチングに対して高い耐性を有する吐出層 14 が存在しており、この吐出層 14 が吐出口 11 c の形状を決定しているため、上記ドライエッチングによって吐出口 11 c の形状が変化することがない。このため非常に高精度のノズル穴を形成することができる。

#### 【0420】

本実施の形態の製造工程を用いて作成した 200 個の吐出口 11 c を有するノズルプレート 8 の各吐出口 11 c の形状を評価したところ、ばらつきは  $\pm 0.15 \mu\text{m}$  と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート 8 の反りも  $10 \mu\text{m}$  以下と非常に平坦であった。

#### 【0421】

なお、本実施の形態では、犠牲層 5 に Ni、吐出層 14 に Pt、第 1 ノズル層 1 に  $\text{SiO}_2$ 、第 2 ノズル層 2 にポリイミド樹脂、を用いたが、この組み合わせに限定されない。

#### 【0422】

犠牲層 5 には、Ni のほかに、吐出層 14、第 1 ノズル層 1、および第 2 ノズル層 2 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいは KOH 水溶液に可溶な材料を用いることができる。

#### 【0423】

また、犠牲層 5 の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

#### 【0424】

第 2 ノズル層 2 には、犠牲層 5 のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。ただし、後述する第 1 ノズル層 1 あるいは吐出層 14 とのエッチングの選択性を考慮したとき、酸素を含有するプラズマを用いたエッチングが可能な有機樹脂が望ましい。さらに、分子鎖同士が架橋反応している分子構造を有する有機樹脂を用いると、第 2 ノズル層 2 の耐熱性、耐環境性が高く、ノズルプレート 8 の信頼性を向上することができる。

#### 【0425】

また、吐出層14、第1ノズル層1には、犠牲層5のエッチングおよび第2ノズル穴11bのエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

さらに吐出層14には、犠牲層5のエッチング並びに第2ノズル穴11bのエッチングおよび第1ノズル穴11aのエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

#### 【0426】

ここで、表4に使用材料（犠牲層、吐出層、第1ノズル層、第2ノズル層）および加工方法（吐出口、第1ノズル穴、第2ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

#### 【0427】

【表4】

層構成				加工方法			
犠牲層	吐出層	第1ノズル層	第2ノズル層	吐出口	第1ノズル穴	第2ノズル穴	犠牲層
Ni, Cu, Al	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , AlN	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	PI, レジスト	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	希硝酸
Cu	Al, Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , AlN	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	PI, レジスト	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	濃硝酸
Cu	SiO <sub>2</sub>	Al	PI, レジスト	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	Clドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	濃硝酸

#### 【0428】

表4に示すように、第1ノズル層1はSiO<sub>2</sub>のようなSi化合物に限定されず、犠牲層5のエッチングに濃硝酸を使用することができる場合、表面が不働体化するAlのような材料を使用することができる。AlはClガスを含有するプラズマを用いたドライエッチングでSiO<sub>2</sub>に対して高い選択比で加工することができるので、吐出口11cの加工精度をさらに高めることができる。

#### 【0429】

また、撥液膜4としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などを用いることもできる。

#### 【0430】

以上の製造工程を用いることによって、

①膜厚の薄い吐出層 14 を加工して吐出口 11c の形状（開口部 11c<sub>1</sub>）を形成するため、飛躍的に形状精度の高い吐出口 11c を有するノズルプレート 8 を製造することができる。

【0431】

②さらに、ノズルプレート 8 の加工工程の最終段階において、第 1 ノズル穴 11a 内に回りこんだ撥液膜 4 を除去し、加えて、この時に吐出口 11c の形状変化が生じないため、高い形成精度の第 1 ノズル穴 11a を備えたノズルプレート 8 を安定して製造することができる。

【0432】

③ストッパ層（遮蔽層）を形成しないので、プロセスを簡略化することができるとともに、ストッパ層（遮蔽層）に起因する応力を低減することができるので、応力によるノズルプレート 8 の反りを制御しやすくなる。

【0433】

上記構成のノズルプレート 8 の製造方法では、高い異方性を有するエッチングで第 1 ノズル穴 11a 又は第 2 ノズル穴 11b を加工するため、第 1 ノズル穴 11a または第 2 ノズル穴 11b を高い加工精度で加工することができる。

【0434】

なお、上記実施の形態におけるノズルプレート 8 の製造方法は、吐出口 11c、第 1 ノズル穴 11a または第 2 ノズル穴 11b の加工をドライエッチングを用いて行うことを特徴とすることもできる。

【0435】

また、本発明のノズルプレート 8 の製造方法においては、上記吐出層 14 または第 1 ノズル層 1 を、基板 6 に形成した犠牲層 5 上に形成し、第 1 ノズル穴 11a および第 2 ノズル穴 11b を加工した後、犠牲層 5 をエッチングすることによって、ノズルプレート 8 と基板 6 とを離間することが望ましい。

【0436】

このようにすると、高い形状精度が要求される吐出口 11c を備えた吐出層 14 が、ノズル製造プロセスの最終段階まで、犠牲層 5 と基板 6 によって保護されているため、プロセス中の取り扱いによって、吐出口 11c が損傷を受けること

がない。このため、吐出口 11c が高い形状精度を維持したまま簡便にノズルプレート 8 を製造することができるので、安定して高精度の吐出口 11c を有するノズルプレート 8 を製造することができ、ノズルプレート 8 の製造における歩留まりを向上させることができる。

#### 【0437】

また、上記実施の形態 3、4 においても、撥液膜 4 を形成しない構成を採用することができる。撥液膜 4 を吐出層 14 あるいは第 1 ノズル層 1 上に形成しないことによって、吐出口 11c の形状精度がさらに向上する。

#### 【0438】

最後に、本発明は上述した各実施の形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施の形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

#### 【0439】

##### 【発明の効果】

本発明のノズルプレートは、以上のように、液状物質を吐出する第 1 ノズル穴を有する第 1 ノズル層と、第 1 ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受ける第 2 ノズル穴を有する第 2 ノズル層との間に、第 1 ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を介在させたノズルプレートにおいて、上記遮蔽層は、第 1 ノズル穴および第 2 ノズル穴が連通する連通部の周囲に、局所的に形成されている構成である。

#### 【0440】

上記構成によれば、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、第 1 ノズル層と遮蔽層あるいは第 2 ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第 1 ノズル層および第 2 ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

## 【0441】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1ノズル層および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1ノズル層および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

## 【0442】

また、上記のように第1ノズル層および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1ノズル穴および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

## 【0443】

また、本発明のノズルプレートは、以上のように、液状物質を吐出する一つ以上の第1ノズル穴を有するノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記ノズル層に固着される補強板と、ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層とを備えた構成である。

## 【0444】

上記構成によれば、上記補強板を別工程で作成することができるため、補強板に使用する材料を選択する際の自由度が大幅に向上する。これによって高剛性の補強板を使用することができ、ノズルプレートに反りが発生することを防止することができる。また、遮蔽層は第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に、局所的に形成されている構成であり、補強板に形成された第2ノズル穴の形状にも影響を受けることがないため、必要最低限の所定の形状に加工することができる。

## 【0445】

これにより、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

## 【0446】

また、上記のように第1ノズル穴を有するノズル層と第2ノズル穴を有する補強板とを別の工程で加工することができる。このため、吐出液滴の大きさを制御する吐出穴径を膜厚の薄いノズル層を加工することで設定できるため、高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

## 【0447】

さらに上記構成においては、上記遮蔽層が第2ノズル穴の開口範囲内に形成されていることが望ましく、これによれば、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を一層小さくすることができる。すなわち、ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生をさらに抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

## 【0448】

これにより、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

## 【0449】

また、上記のようにノズル層および補強板を別の工程で加工することができるため、第1ノズル穴および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

## 【0450】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、以上のように、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、上記第1ノズル穴を形成するためのノズル層を形成する工程と、上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、第1ノズル穴を形成する際のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部からノズル層をエッチングし、上記開口部からノズル層を貫通する第1ノズル穴を形成する工程とを含む方法である。

## 【0451】

上記方法によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の開口部の口径と同一口径の第1ノズル穴をノズル層に形成することができる。これにより、第1ノズル穴を高精度に形成することができる。

#### 【0452】

また、遮蔽層の材料に、第1ノズル穴のエッチングマスクとして、あるいは、第1ノズル穴の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴をより高精度に形成できる。

#### 【0453】

また、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

#### 【0454】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、ノズル層に要求される剛性が減少し、ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

#### 【0455】

また、上記のようにノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1ノズル穴小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

#### 【0456】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、以上のように、液体を吐出するためのノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、第1ノズル穴を加工するための第1ノズル層を形成する第1工程と、上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、該第1ノズル穴のエッチング時のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、上記第1ノズル層および遮蔽

層の上に、第2ノズル穴を加工するための第2ノズル層を形成する第3工程と、上記第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第4工程と、上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部から第1ノズル層をエッチングすることで該第1ノズル層を貫通する第1ノズル穴を加工する第5工程とを含む方法である。

【0457】

上記方法によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の開口部の口径と同一口径の第1ノズル穴を第1ノズル層に形成することができる。これにより、第1ノズル穴を高精度に形成することができる。

【0458】

また、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。すなわち、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがない。これにより、第1ノズル層の厚さが一定に保たれることになり、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

【0459】

また、遮蔽層の材料に、第1ノズル穴のエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第1ノズル穴の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴をより高精度に形成することができる。

【0460】

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、遮蔽層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出するための第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受けるための第2ノズル穴を有する第2ノズル層とを備えたノズルプレートにおいて、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性の高い吐出層が、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成され

ており、上記第1ノズル穴は、第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴としている。

#### 【0461】

まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものであり、その第1ノズル穴に連通した開口部は、液状物質の吐出方向や吐出量の制御に大きく寄与する吐出特性寄与部分である。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

#### 【0462】

上記構成によれば、第1ノズル層よりエッチング耐性の高い吐出層に、上記開口部としての吐出特性寄与部分が形成されている。

#### 【0463】

したがって、第1ノズル穴を形成するために第1ノズル層をエッチングする場合に、吐出層は、そのエッチングに対する耐性が高いので、吐出層の開口部の形状が変形する等のおそれを小さくすることができる。

#### 【0464】

例えば、予め形成された吐出層の開口部を一旦第1ノズル層の構成材料で埋め、しかる後に第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成し、上記開口部を開口させて吐出特性寄与部分とする場合であっても、吐出層のエッチング耐性が第1ノズル層より高いために、吐出層が露出した時点で第1ノズル層のエッチングが確実にストップする。

#### 【0465】

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された開口部と同一形状となる。

#### 【0466】

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

#### 【0467】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能

となる。

【0468】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層は、第1ノズル層内に形成されていることが好ましい。

【0469】

上記構成によれば、上記吐出層の厚みは、第1ノズル層の厚みより小さくなる。吐出層が薄い程、開口部を形成するためのエッチング量を小さくできるので、上記開口部の形成精度を高くすることができる。

【0470】

したがって、上記のように、第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を予め形成された開口部と同一形状に形成した場合、上記吐出特性寄与部分の形成精度は一層高まることになる。

【0471】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量がさらに安定し、解像度の一層高い描画が可能となる。

【0472】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層の主成分が無機材料であることが好ましい。

【0473】

上記構成によれば、上記吐出層が無機材料で構成されているため、上記吐出層上に例えば撥液膜を形成した場合にも、上記吐出層に形成された開口部の形状を維持することができる。

【0474】

すなわち、撥液膜の形成時に際して吐出層上に撥液材料を塗布した場合に、たとえ該撥液材料が上記開口部内に回りこんだとしても、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチング法等で簡便に除去でき、また該ドライエッチングによって上記開口部が損傷を受けることもなく、その形状が変化することがないからである。

【0475】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量がさらに安定し、解像度の一層高い描画が可能となる。

【0476】

また、本発明のノズルプレートにおいては、第1ノズル穴における第1ノズル層の貫通部を第1ノズル穴部としたとき、上記吐出層の外形は、吐出層と第1ノズル層との境界面における第1ノズル穴部の外形より大きいことが望ましい。

【0477】

上記構成によれば、吐出層は、第1ノズル層のエッチングにおけるストッパ層として機能する。すなわち、第1ノズル穴を形成するため第2ノズル層側から第1ノズル層をエッチングした場合、該エッチングは吐出層にていわば自動的にストップし、第1ノズル穴部が形成される。

【0478】

これにより、第1ノズル層のオーバーエッチを防止でき、所定の形状の第1ノズル穴部を容易に形成することができる。

【0479】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層は上記開口部の周囲に、局所的に形成されていることが好ましい。

【0480】

上記構成によれば、吐出層と第1ノズル層との接触面積を小さくすることができる。これにより、吐出層と第1ノズル層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

【0481】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1

および第2ノズル穴を備えることができる。

【0482】

また、上記のように第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

【0483】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層と第2ノズル層との間に第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層が局所的に介在し、上記第1ノズル穴は遮蔽層を貫通して第2ノズル穴に連通していることが好ましい。

【0484】

上記構成によれば、上記遮蔽層は、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

【0485】

これにより、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部を第1ノズル層に形成することができる。これにより、形状精度の高い第1ノズル穴を備えることができる。

【0486】

また、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、第1ノズル層と遮蔽層あるいは第2ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1および第2ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

【0487】

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1および第2ノズル層の層厚を小さくすること

ができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1および第2ノズル穴を備えることができる。

#### 【0488】

また、上記のように第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

#### 【0489】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記遮蔽層は、第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、上記遮蔽層の外形は、第1ノズル穴と第2ノズル穴との連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことが好ましい。

#### 【0490】

上記構成のように、遮蔽層のエッチング耐性を第2ノズル層より高くし、遮蔽層の外形を第1および第2ノズル穴の連通部における第2ノズル穴の外形より大きくすることによって、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。また、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれる。

#### 【0491】

換言すれば、遮蔽層によって第2ノズル穴加工の終点を、遮蔽層の表面に精度良く設定することができるので、第1ノズル層が第2ノズル穴加工時のオーバーエッチによって損傷を受けることがなく、このため第1ノズル穴の長さを第1ノズル層の層厚で制御することができる。これによって流路抵抗が安定し、液滴の吐出安定性が安定し、着弾精度と解像度が向上する。

#### 【0492】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層は第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いことが好ましい。

#### 【0493】

上記構成によれば、第1ノズル層自体を、第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能させることができ、第2ノズル穴のエッチングを第1ノズル層で止めることができる。

【0494】

このように、遮蔽層を設けることなく、第2ノズル穴のエッチングを第1ノズル層で止めることができるため、上記した第1および第2ノズル層と遮蔽層との間の応力が発生せず、ノズルプレートに反りが発生することを一層効果的に防止できる。

【0495】

また、本発明のノズルプレートにおいては、第1ノズル層の貫通部である第1ノズル穴部は、上記開口部との連通部が狭まったテーパ形状であることが好ましい。

【0496】

上記構成によれば、第1ノズル穴部がテーパ形状であるため、該第1ノズル穴部に供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

【0497】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることが好ましい。

【0498】

上記構成によれば、第2ノズル穴がテーパ形状であるため、第2ノズル穴において、供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

【0499】

また、本発明のノズルプレートにおいては、少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されていることが好ましい。

【0500】

上記構成によれば、少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されているため、開口部に形成される液状物質のメニスカス形状が安定し、

これに伴い液状物質の吐出方向が安定する。すなわち、着弾精度が向上し描画解像度が向上する。

#### 【0501】

ただし、上記撥液膜を形成する際、該撥液膜が開口部の内部（内壁）に回りこまないように形成することが望ましく、例えばドライエッチング等によって上記開口部内に回り込んだ撥液膜を除去しても良い。

#### 【0502】

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記第1ノズル層に固着される補強板と、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層と、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成された吐出層とを備え、上記第1ノズル穴は第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴としている。

#### 【0503】

上記構成によれば、第1ノズル層よりエッチング耐性の高い吐出層に、上記開口部としての吐出特性寄与部分が形成されている。

#### 【0504】

したがって、第1ノズル穴を形成するために第1ノズル層をエッチングする場合に、吐出層は、そのエッチングに対する耐性が高いので、吐出層の開口部の形状が変形する等のおそれを小さくすることができる。

#### 【0505】

例えば、予め形成された吐出層の開口部を一旦第1ノズル層の構成材料で埋め、しかる後に第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成し、上記開口部を開口させて吐出特性寄与部分とする場合であっても、吐出層のエッチング耐性が第1ノズル層より高いために、吐出層が露出した時点で第1ノズル層のエッチングが確実にストップする。

#### 【0506】

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された開口部と同一形状となる。

#### 【0507】

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

#### 【0508】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

#### 【0509】

また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなり、精度の高い第1ノズル穴を形成することができる。

#### 【0510】

さらに、上記遮蔽層を、補強板に形成された第2ノズル穴の形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工することができる。これにより、第1ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくすることができる。

#### 【0511】

また、第1ノズル層に固着される構成の上記補強板を別工程で作成することができるため、補強板に使用する材料を選択する際の自由度が大幅に向上する。これによって高剛性の補強板を使用することができ、ノズルプレートに反りが発生することを防止することができる。

#### 【0512】

したがって、第1ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

#### 【0513】

さらに、補強板の剛性によって第1ノズル層に必要な剛性が低減するため、第1ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴を層厚の小さな第1ノズル層に形成することで、第1ノズル穴の形成精度をより高めるこ

とができる。

#### 【0514】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層がAl、Pt、Au、 $Al_2O_3$ 、AlNのうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記第1ノズル層がシリコン化合物から構成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されていることが好ましい。

#### 【0515】

上記構成によれば、前記吐出層を構成する材料は、第1ノズル層を構成するシリコン化合物のエッチング（例えば、フッ素を含有するプラズマを用いたドライエッチング）、あるいは第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。

#### 【0516】

したがって、第1および第2ノズル穴加工の際に吐出層が損傷を受けることがない。すなわち、ノズル（第1および第2ノズル穴）作成プロセスにおいて開口部が変形することがなく、非常に高い加工精度で加工された開口部を有するノズルプレートを構成することができる。これにより、着弾精度が向上し、描画解像度が向上する。

#### 【0517】

さらに、第1ノズル層を構成するシリコン化合物は、第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有しているため、第2ノズル穴加工の際にオーバーエッチによって、第1ノズル層が大きな損傷を受けることがない。

#### 【0518】

このため、第1ノズル層の層厚が減少することで第1ノズル穴の長さ（深さ）ひいては流路抵抗が変化することを抑制でき、これによって液滴の吐出安定性の劣化を抑制することができる。

#### 【0519】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層がシリコン化合物から

構成され、上記第1ノズル層がAlを主成分とする金属材料で構成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されることが好ましい。

#### 【0520】

上記構成によれば、上記吐出層を構成する材料が、第1ノズル層を構成するAlを主成分とする金属材料のエッチング（例えば塩素を含有するプラズマを用いたドライエッチング）、あるいは第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば酸素を含むプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。

#### 【0521】

したがって、第1および第2ノズル穴加工の際に開口部が損傷を受けることがない。すなわち、ノズル（第1および第2ノズル穴）作成プロセスにおいて開口部が変形することがなく、非常に高い加工精度で加工された開口部を有するノズルプレートを構成することができる。これによって、着弾精度が向上し、描画解像度が向上する。

#### 【0522】

さらに、第1ノズル層を構成するAlを主成分とする金属材料は、第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。したがって、第2ノズル穴加工の際にオーバーエッチによって、第1ノズル層が大きな損傷を受けることがない。

#### 【0523】

このため、第1ノズル層の層厚が減少することで第1ノズル穴の長さ（深さ）が変化しひいては流路抵抗が変化することを抑制でき、これにより、液滴の吐出安定性の劣化を抑制することができる。

#### 【0524】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層が有機樹脂で形成され、上記吐出層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlNから選定される少なくとも1つの材料を主成分とすることが好ましい。

## 【0525】

上記構成によれば、第1ノズル層を酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、吐出層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の開口部を備えることができる。

## 【0526】

また、上記構成において、遮蔽層についても吐出層と同様の材料を使用することができる。この場合、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、上記遮蔽層を第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとして用いることができるので、レジストによるパターニングに比べ第1ノズル穴の加工精度を向上させることができる。

## 【0527】

さらに、第2ノズル層を第1ノズル層と同様に有機樹脂で構成した場合、上記遮蔽層は、第2ノズル穴を加工する際の酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、したがって、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。

## 【0528】

これによって、第1ノズル穴の長さ（深さ）が安定し、ひいては流路抵抗が安定するため液滴の吐出安定性が向上する。この結果、着弾精度が向上し、高解像度描画が可能になる。

## 【0529】

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層がSi、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成され、上記吐出層が、Al、Ni、Fe、Co、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成されていることが望ましい。

## 【0530】

上記構成によれば、第1ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、吐出層は上記フッ素を用いたプラズマに

よるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の開口部を備えることができる。

#### 【0531】

また、上記構成において、遮蔽層についても吐出層と同様の材料を使用することができる。この場合、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、上記遮蔽層を第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとして用いることができるので、レジストによるパターンニングに比べ第1ノズル穴の加工精度を向上させることができる。

#### 【0532】

さらに、第2ノズル層を第1ノズル層と同様にSiまたはSi化合物で構成した場合、上記遮蔽層は第2ノズル穴を加工するフッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対するエッチング耐性が高いので、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。

#### 【0533】

また、第2ノズル層を有機樹脂で構成した場合でも、上記遮蔽層は第2ノズル穴を加工する酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対するエッチング耐性が高いので、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。これによって、第1ノズル穴の長さが安定し、流路抵抗が安定するので、吐出安定性が向上する。これによって着弾精度が向上し、高解像度描画が可能になる。

#### 【0534】

すなわち、上記構成では第2ノズル層に有機樹脂またはSiあるいはSi化合物のいずれをも使用することができ、材料選択の範囲が広がり、ノズルプレートの製造が容易となる。

#### 【0535】

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液状物質を吐出するための、第1開口部および第1ノズル穴部を有する第1ノズル穴と、該第1ノズル穴を有する第1ノズル層とを備えたノズルプレートの製造方法であって、上記第1開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性

が高い吐出層を形成する吐出層形成工程と、上記第1開口部を埋めるとともに吐出層を覆うような第1ノズル層を形成する第1ノズル層形成工程と、上記第1開口部の形成位置に対応して、上記第1ノズル層に上記第1ノズル穴部を形成する第1ノズル穴部形成工程と、上記第1ノズル穴部から第1ノズル層をエッチングし、上記第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程とを含むものである。

#### 【0536】

まず、上記第1開口部は、液状物質の吐出方向や吐出量の制御に大きく寄与する吐出特性寄与部分である。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

#### 【0537】

上記方法によれば、上記吐出層が第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いため、第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程において、第1ノズル層がエッチングされ、吐出層が露出した時点で当該エッチングは確実にストップする。

#### 【0538】

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された第1開口部と同一形状となる。

#### 【0539】

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

#### 【0540】

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

#### 【0541】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第1除去工程の後に、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が低い第2ノズル層を、上記第1開口部および第1ノズル穴部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように形成す

る第2ノズル層形成工程と、該第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、を含むことが望ましい。

#### 【0542】

上記方法によれば、第1ノズル層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、遮蔽層等のエッチングストッパを形成することなく、第2ノズル穴形成時の第2ノズル層のエッチングを第1ノズル層にて止めることができる。

#### 【0543】

したがって、上記遮蔽層等のエッチングストッパと第1および第2ノズル層との線膨張率の差に起因する応力が発生することがない。

#### 【0544】

この結果、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止でき、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

#### 【0545】

さらに、上記のような応力の発生を回避できることで、第1ノズル層に要求される剛性が減少し、第1ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴部のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、第1ノズル穴部を高い精度で形成することができる。

#### 【0546】

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、吐出層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

#### 【0547】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第1ノズル層形成工程と第1ノズル穴部形成工程との間に、第2開口部を有し、第1および第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を、形成された第1ノズル層上に、上記第1開口部に対応して局所的に形成する遮蔽層形成工程と、上記第2開

口部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように第2ノズル層を形成し、しかる後に第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、を含むことが好ましい。

#### 【0548】

上記方法によれば、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。また、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれる。

#### 【0549】

換言すれば、遮蔽層によって第2ノズル穴加工の終点を、遮蔽層の表面に精度良く設定することができるので、第1ノズル層が第2ノズル穴加工時のオーバーエッチによって損傷を受けることがなく、このため第1ノズル穴の長さを第1ノズル層の層厚で制御することができる。これによって流路抵抗が安定し、液状物質の吐出安定性が安定し、着弾精度と解像度が向上する。

#### 【0550】

また、上記遮蔽層を局所的に形成するため、第1ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

#### 【0551】

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、遮蔽層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

#### 【0552】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部内の第2ノズル層を除去する第2除去工程と、上記第1開口部内の第2ノズル層を除去する第3除去工程とを行うことが好

ましい。

【0553】

上記方法によれば、第2ノズル穴の加工工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第1ノズル穴のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

【0554】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部形成工程および第1除去工程を行うことが好ましい。

【0555】

上記方法によれば、第2ノズル穴の加工工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第1ノズル穴のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

【0556】

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、少なくとも、上記吐出層表面に、上記吐出層よりエッチングに対する耐性の低い撥液膜を形成する工程と、上記第1開口部の反対側からエッチングを行い、第1ノズル穴内の撥液膜を除去する工程とを含むことが好ましい。

【0557】

上記方法は、吐出層の表面から第1開口部の内壁に回り込んだ撥液膜を、第1開口部の反対側からエッチングすることで除去するものである。

【0558】

ここで、上記吐出層は上記撥液膜のエッチングに対して高いエッチング耐性を有しているため、第1開口部内に回り込んだ撥液膜を除去するエッチング過程において、第1開口部が変形することがない。

【0559】

これにより、上記回り込んだ撥液膜を除去するエッチングを行う余裕度が大き

くなり、十分なエッチングによって、上記回り込んだ撥液膜をほぼ完全に除去することができる。

### 【0560】

この結果、第1開口部の内部（内壁）における撥液膜の残留を回避できるため、第1開口部表面の吐出液との濡れ性の安定化ひいては吐出液滴の着弾精度を向上させることができ、したがって、描画解像度の高いノズルプレートを安定して製造することができる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

(a) は、本発明の実施の形態1にかかるノズルプレートを示す斜視図、(b) は、(a) のA-A' 矢視断面を示す説明図である。

#### 【図2】

上記ノズルプレートの変形例を断面の構成により示す説明図である。

#### 【図3】

(a) ~ (g) は、本発明の実施の形態1にかかるノズルプレートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

#### 【図4】

上記ノズルプレートの製造方法の変形例を断面の構成により示す説明図である。

#### 【図5】

(a) は、本発明の実施の形態2にかかるノズルプレートを示す斜視図、(b) は、(a) におけるB-B' 矢視断面を示す説明図である。

#### 【図6】

(a) ~ (g) は、本発明の実施の形態2にかかるノズルプレートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

#### 【図7】

実施の形態2にかかる補強板の構成を説明する斜視図である。

#### 【図8】

(a) ~ (c) は、本発明の実施の形態1にかかるノズルプレートの他の製造

方法を断面の構成により示す説明図である。

【図 9】

本発明の実施の形態 1 にかかるノズルプレートの他の製造方法を断面の構成により示す説明図である。

【図 10】

(a) (b) は、ノズル層と補強板との接合方法を説明する模式図である。

【図 11】

(a) は、本発明の実施の形態 3 にかかるノズルプレートを示す斜視図、(b) は、(a) の A-A' 矢視断面を示す説明図である。

【図 12】

上記ノズルプレートの変形例を断面の構成により示す説明図である。

【図 13】

(a) ~ (g) は、本発明の実施の形態 3 にかかるノズルプレートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

【図 14】

上記ノズルプレートの製造方法の変形例を断面の構成により示す説明図である。

【図 15】

(a) は、本発明の実施の形態 4 にかかるノズルプレートを示す斜視図、(b) は、(a) における B-B' 矢視断面を示す説明図である。

【図 16】

(a) ~ (g) は、本発明の実施の形態 4 にかかるノズルプレートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

【図 17】

(a) ~ (c) は、撥液膜のエッチング除去工程を説明する説明図である。

【図 18】

実施の形態 3 にかかるノズルプレートの変形例を断面の構成により示す説明図である。

【図 19】

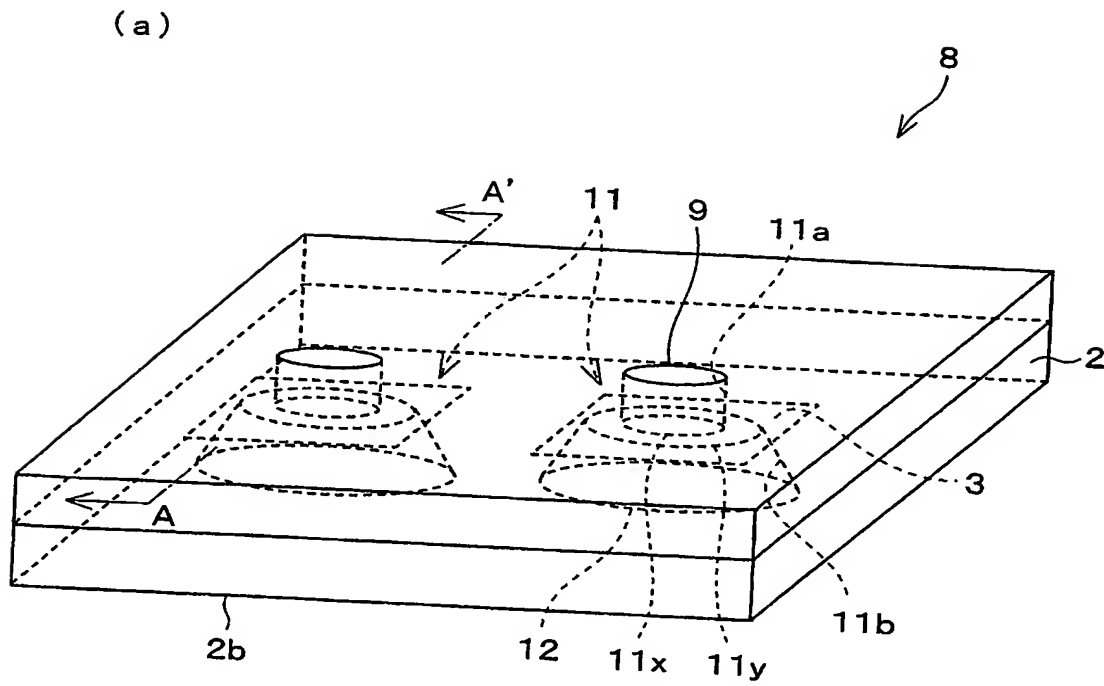
(a) は、従来のノズルプレートを示す斜視図、(b) は、(a) における C-C' 矢視断面を示す説明図である。

【符号の説明】

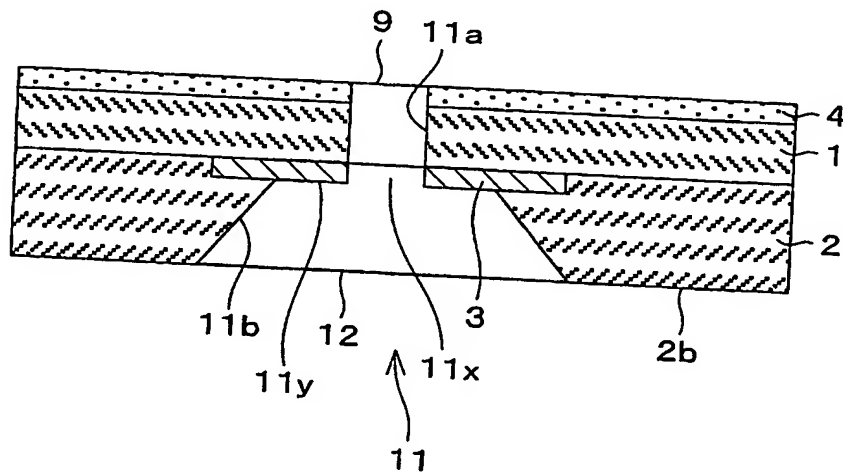
- 1 第1ノズル層
- 2 第2ノズル層
- 3、30 ストッパ層（遮蔽層）
- 4、40 撥液膜
- 8、80 ノズルプレート
- 10 ノズル層
- 20 補強板
- 11a、110a 第1ノズル穴
- 11b、110b 第2ノズル穴
- 11c (液状物質の) 吐出口（開口部）
- 11c<sub>1</sub> 吐出層の開口部（第1開口部）
- 11d 第1ノズル穴部
- 11d<sub>1</sub> 遮蔽層の開口部（第2開口部）
- 14 吐出層

【書類名】 図面

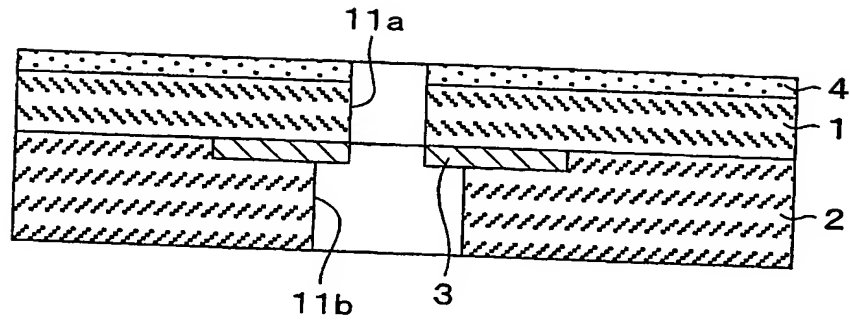
【図 1】



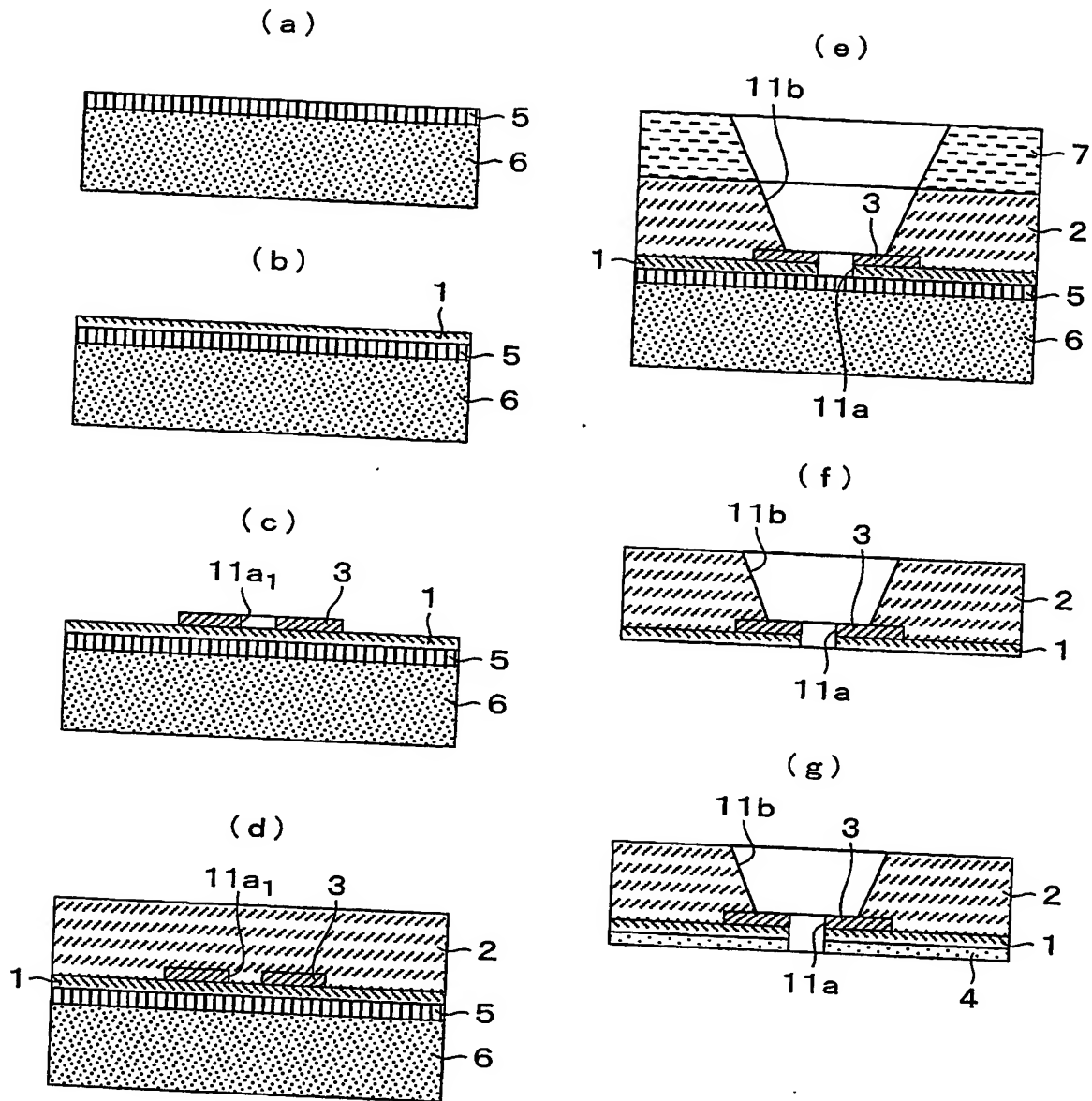
(b)



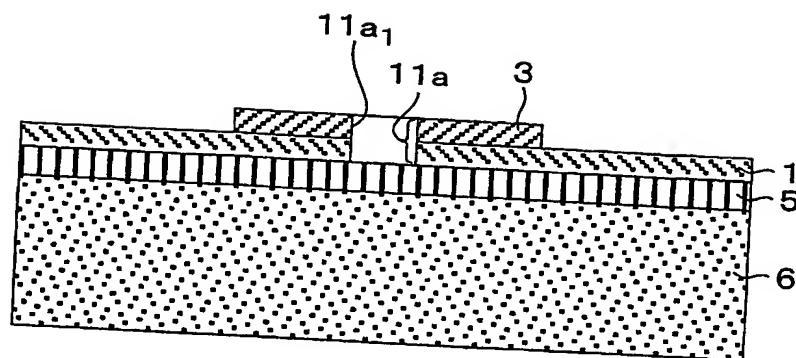
【図 2】



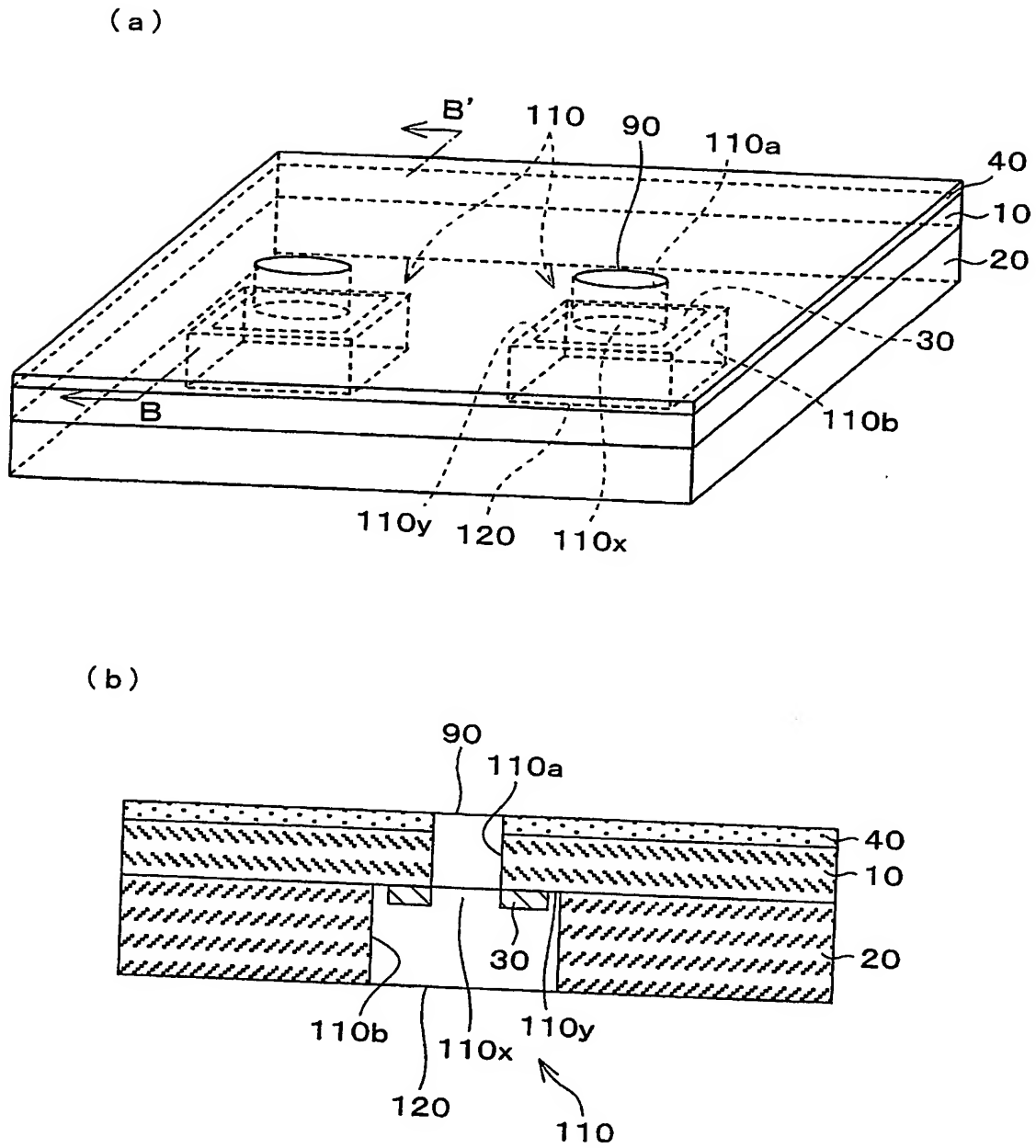
【図3】



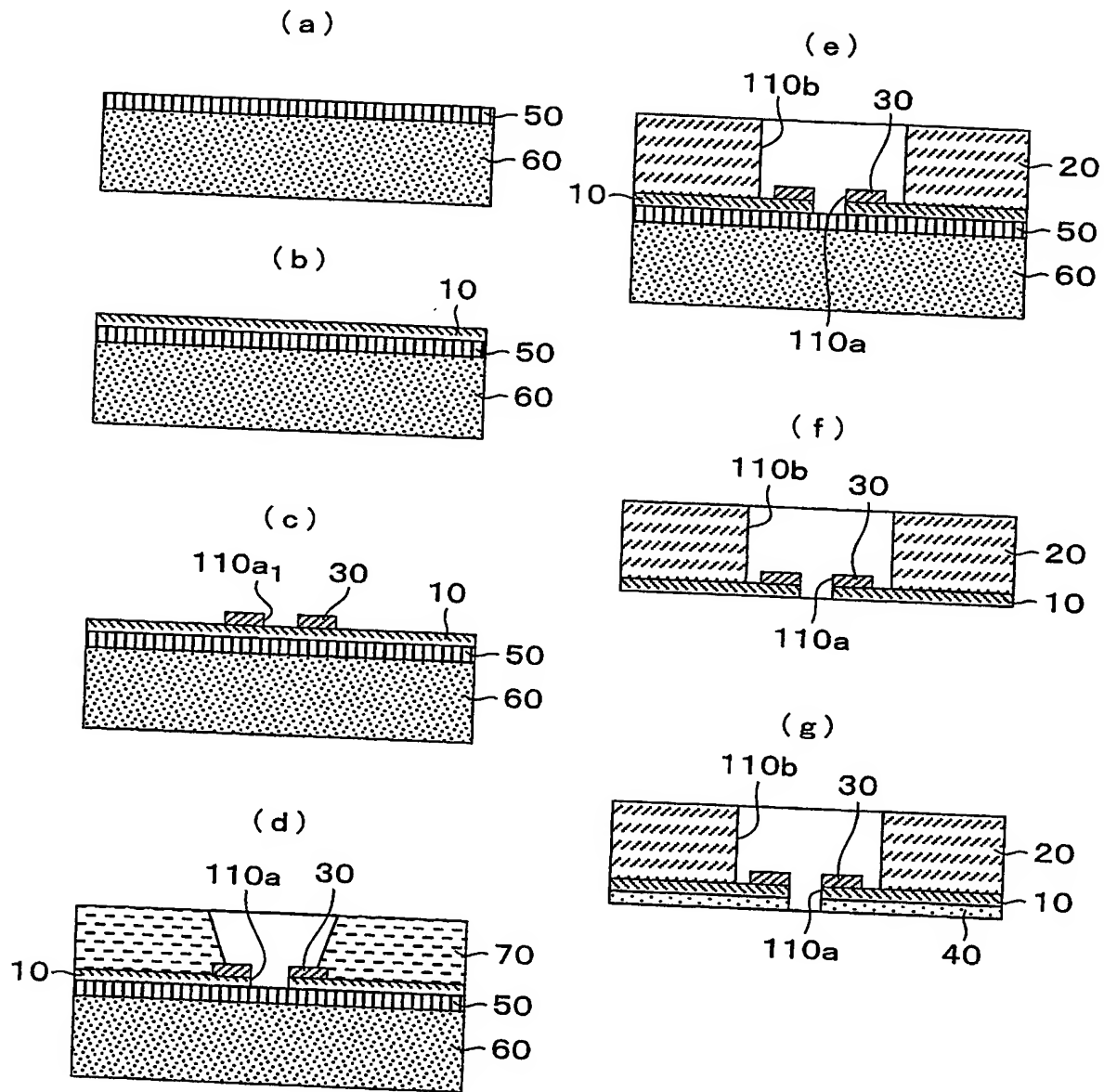
【図 4】



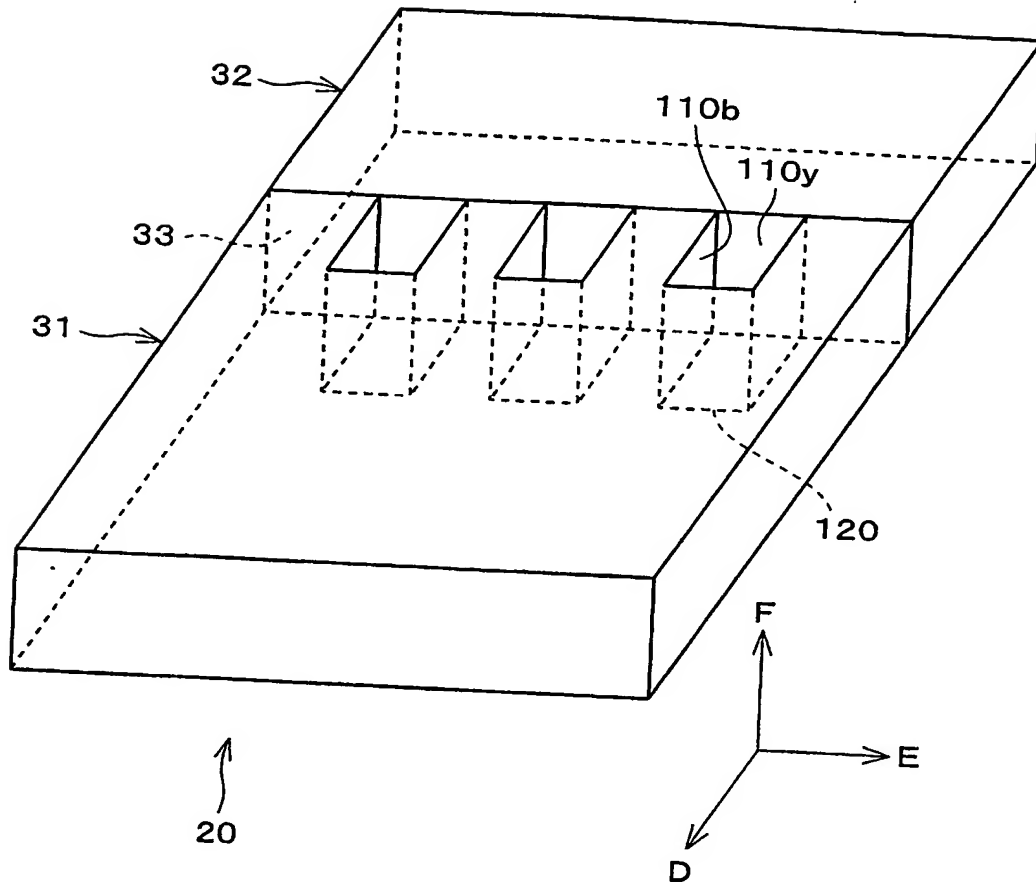
【図 5】



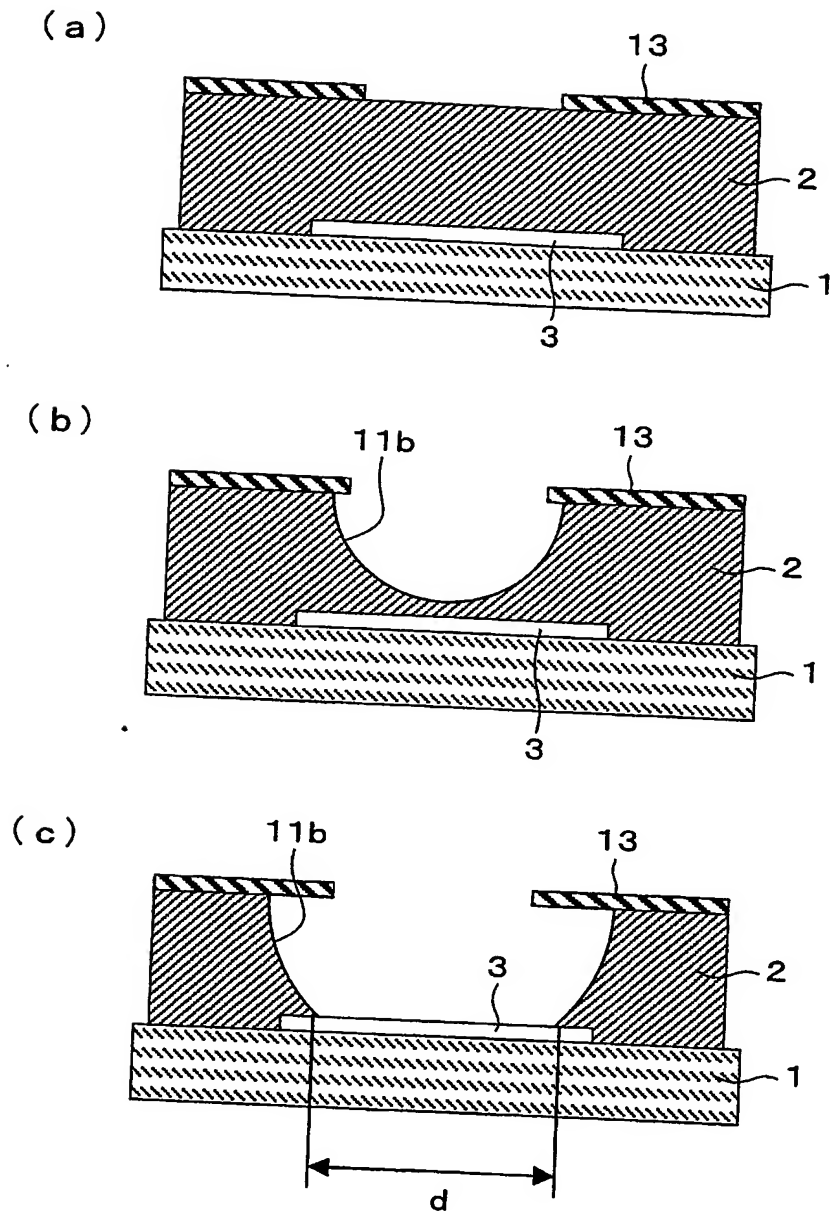
【図 6】



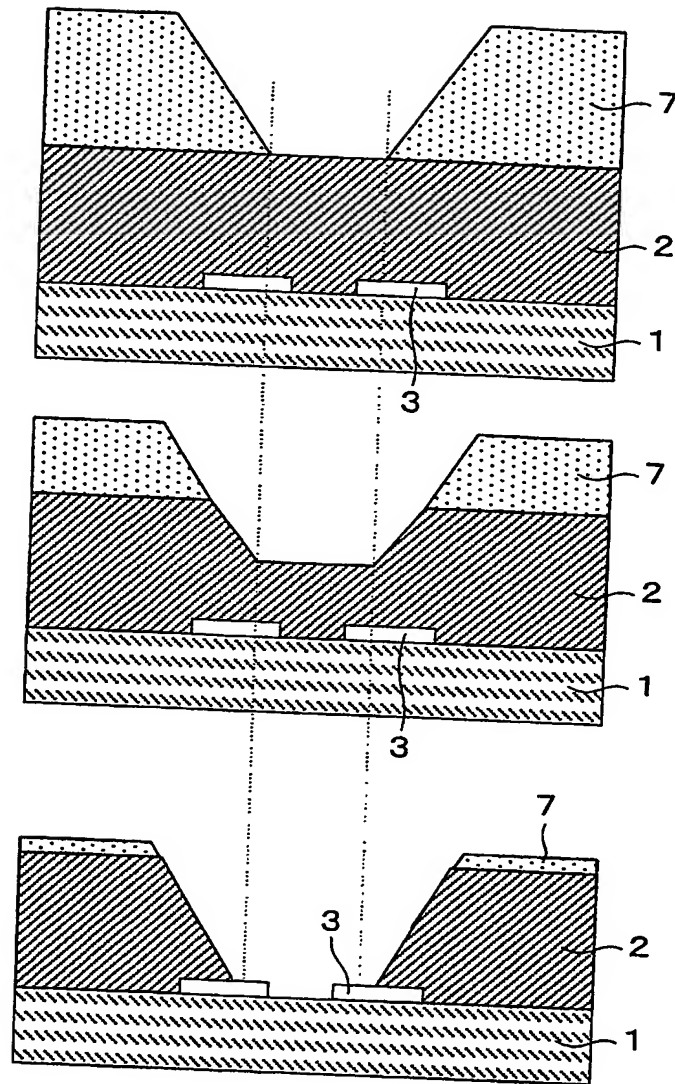
【図 7】



【図 8】

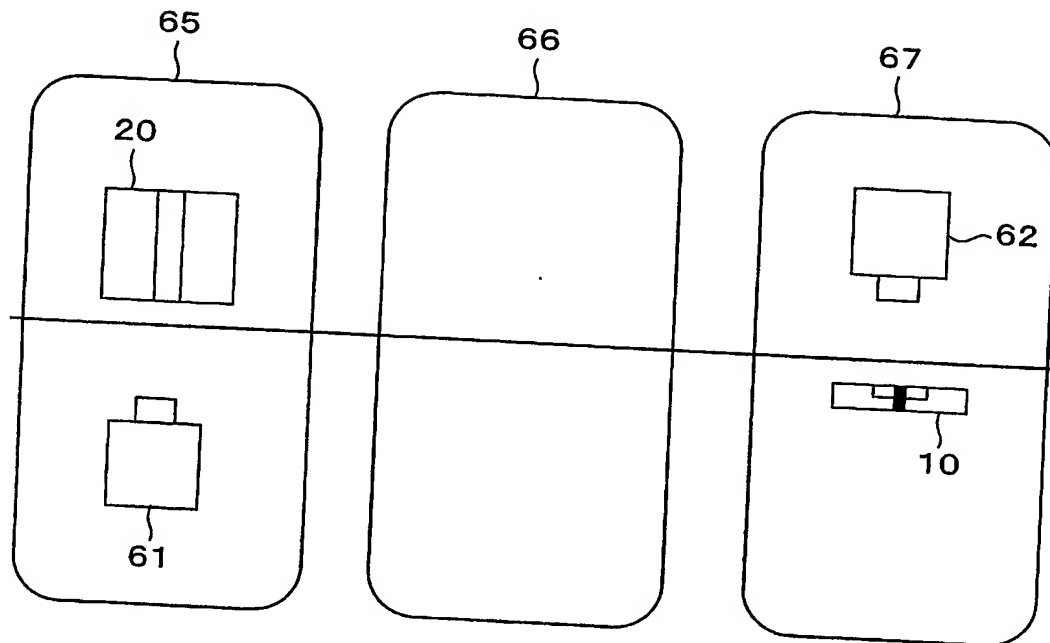


【図 9】

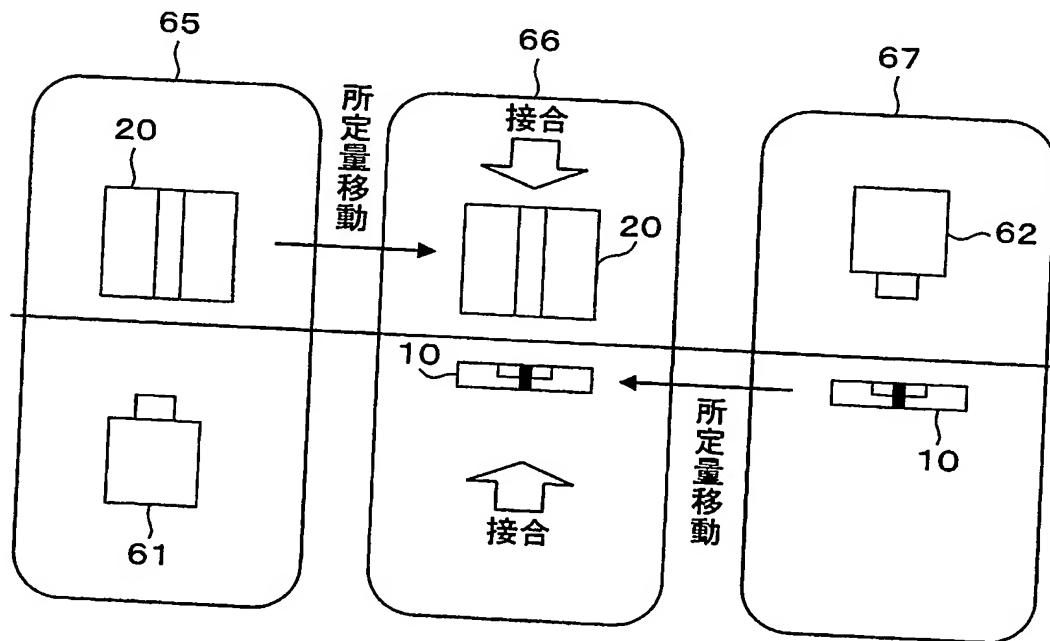


【図10】

(a)

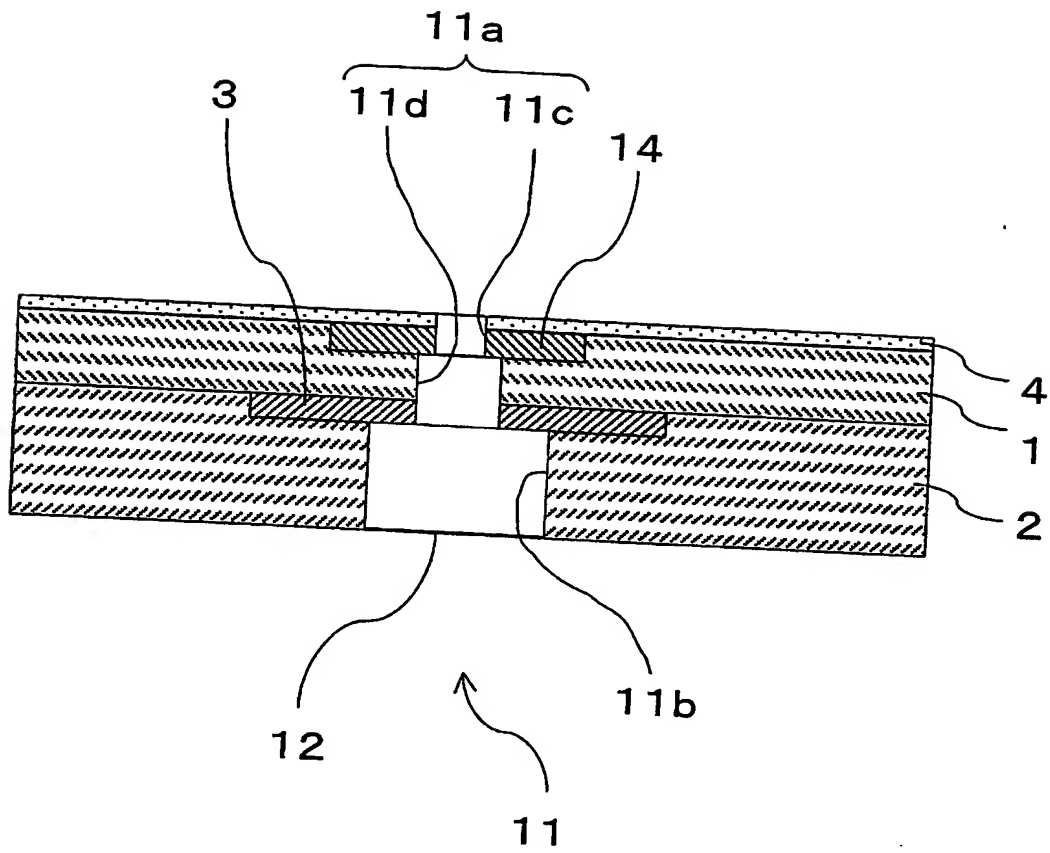


(b)

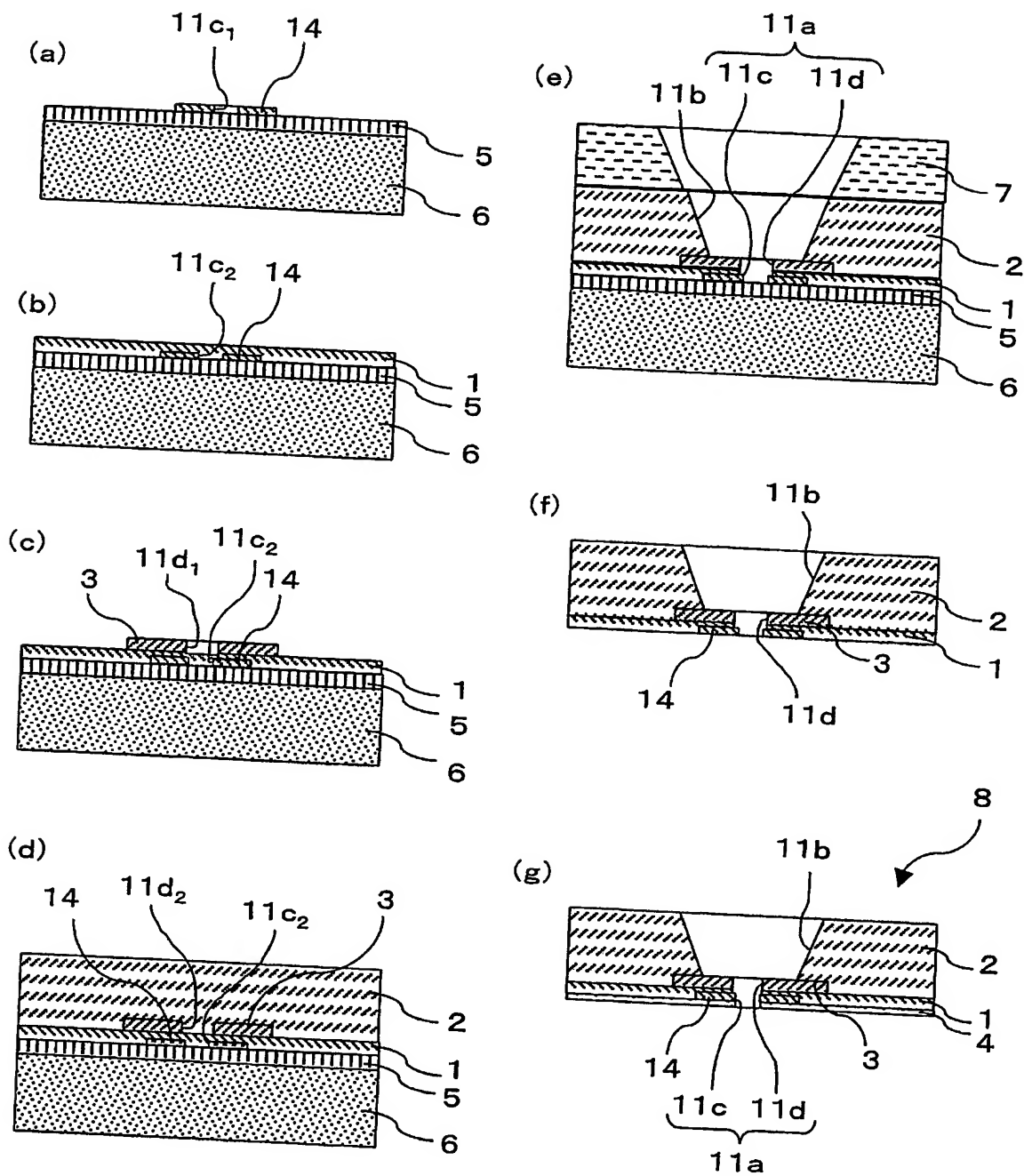




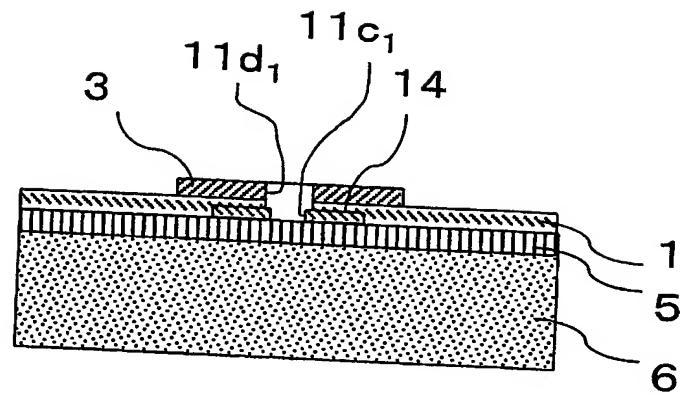
【図 12】



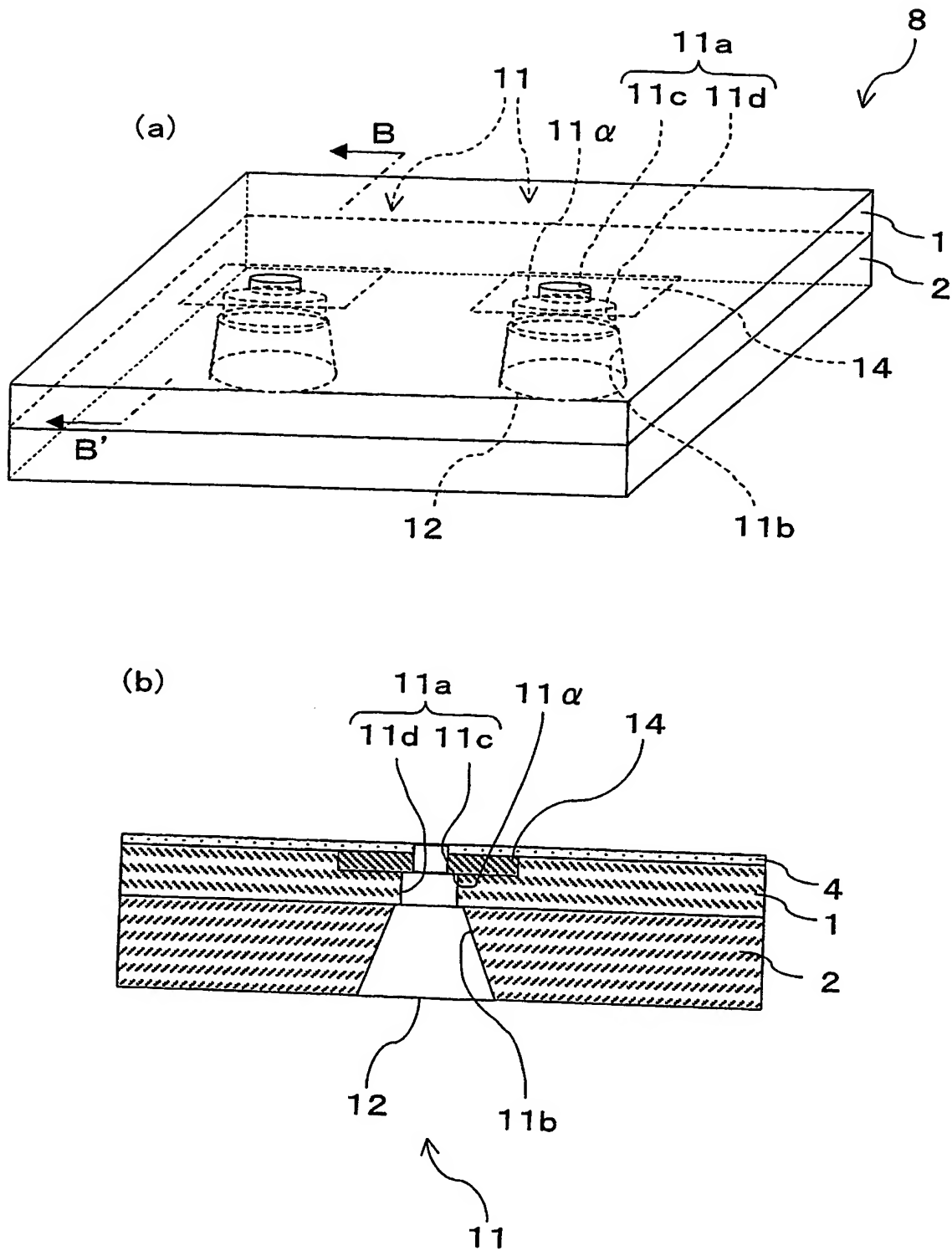
【図 13】



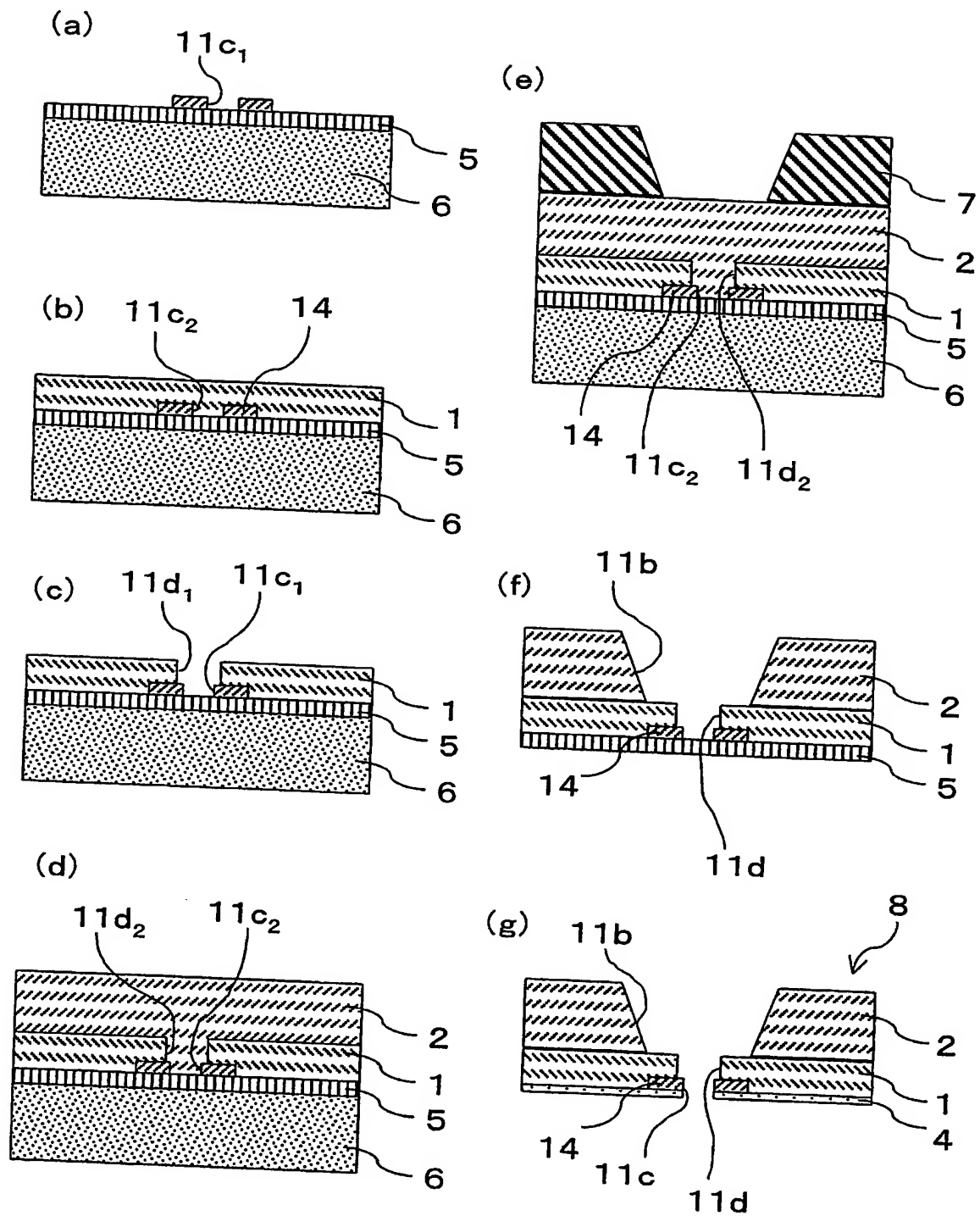
【図 14】



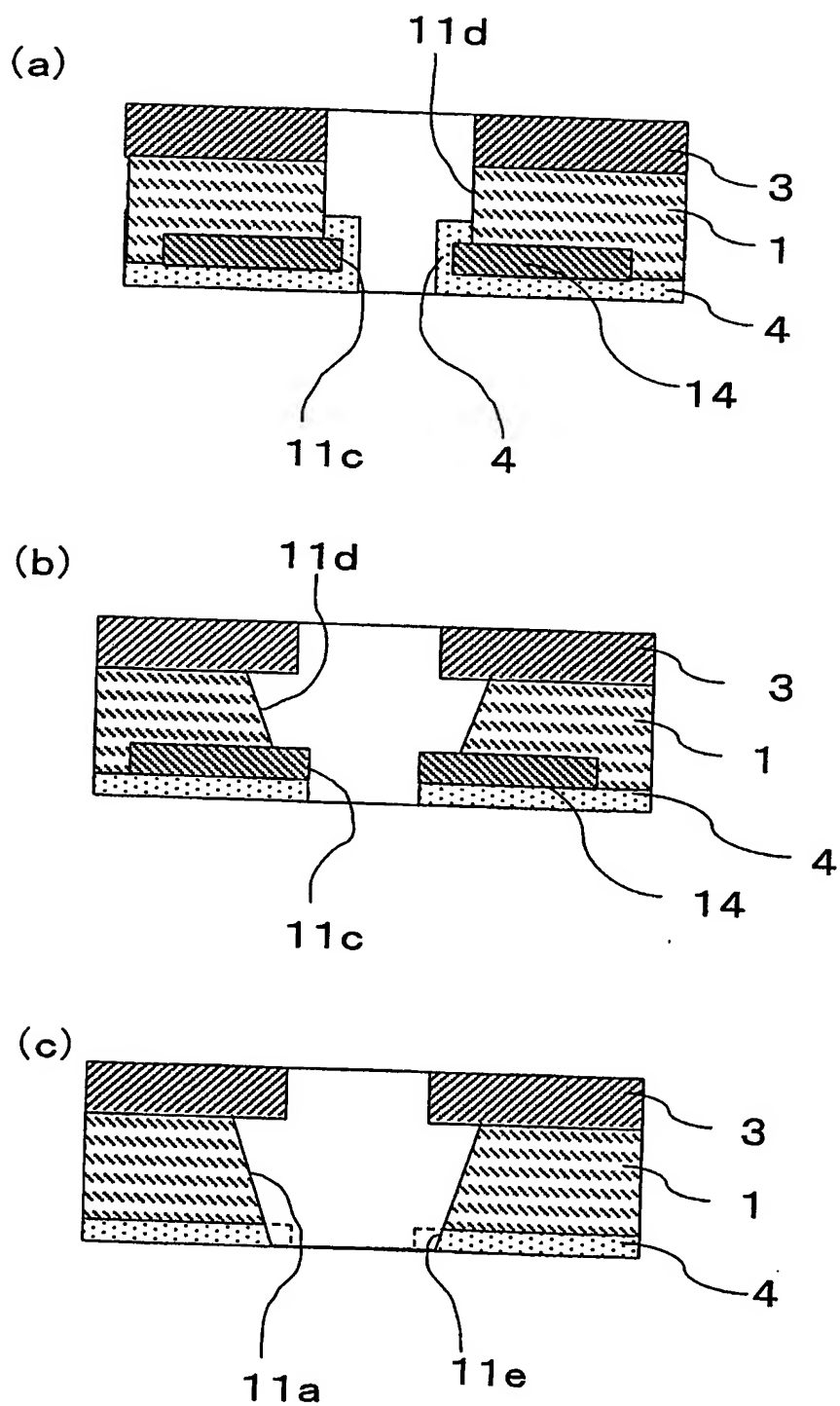
【図 15】



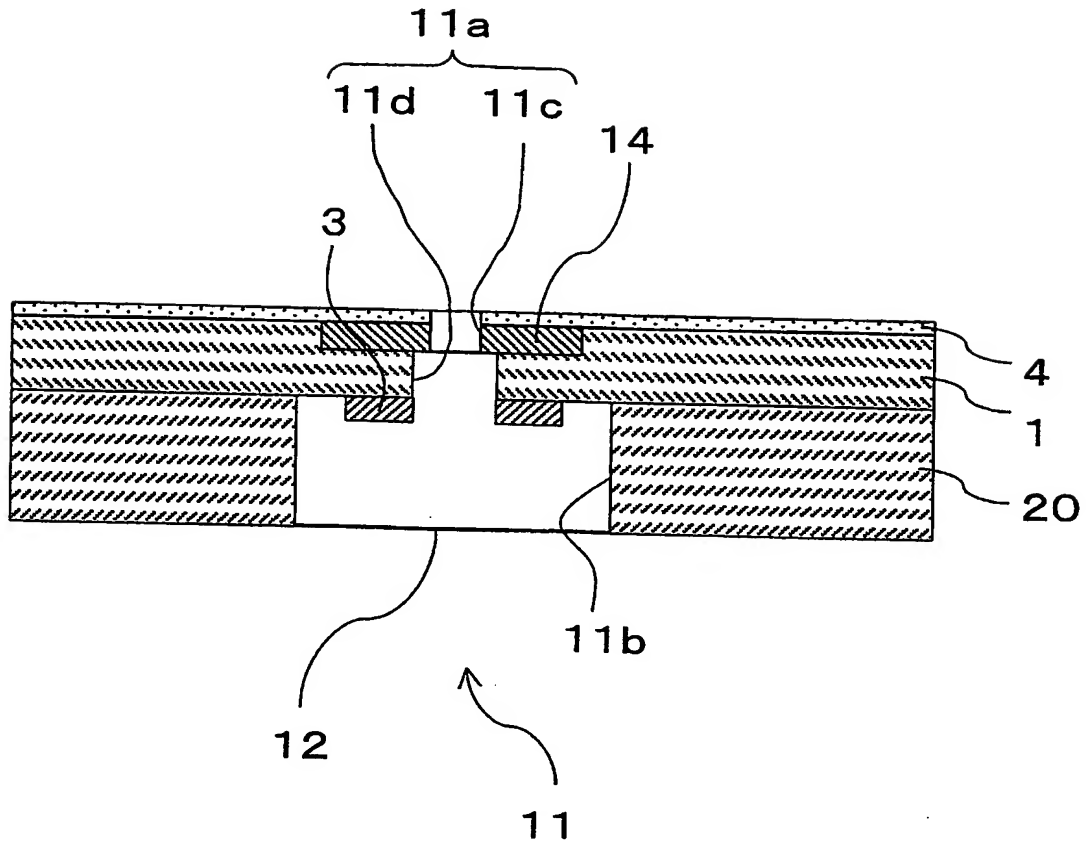
【図16】



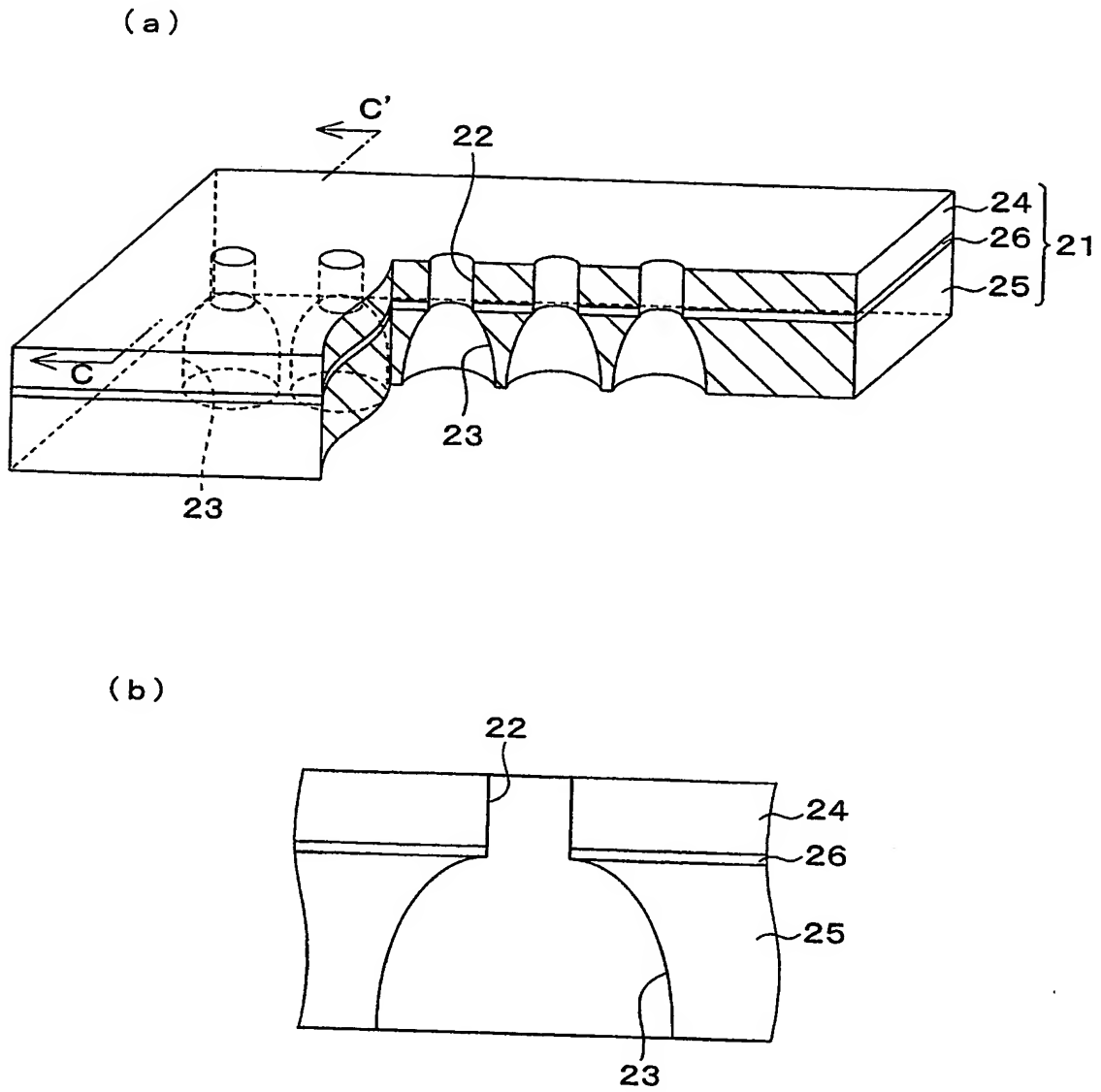
【図 17】



【図 18】



【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い形成精度の第1ノズル穴（オリフィス）を備え、かつ、反り等の変形のおそれの少ないノズルプレートおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 液状物質を吐出する第1ノズル穴11aを有する第1ノズル層1と、第1ノズル穴11aと連通し、上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴11bを有する第2ノズル層2との間に、第1ノズル層1よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層3を介在させたノズルプレート8において、上記遮蔽層3は、第1ノズル穴11aおよび第2ノズル穴11bが連通する連通部の周囲に、局所的に形成されていることを特徴とするノズルプレート。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日

[変更理由]

住所

氏名

1990年 8月29日

新規登録

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**